



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

JULIETA AUGUSTO NHAMPOSSA

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DO
PERÍMETRO IRRIGADO DE BETUME/SE

SÃO CRISTOVÃO-SE

2015

JULIETA AUGUSTO NHAMPOSSA

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DO
PERÍMETRO IRRIGADO DE BETUME**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH) da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Laura Jane Gomes

SÃO CRISTOVÃO-SE

2015

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

N576i Nhampossa, Julieta Augusto
Indicadores de sustentabilidade do Perímetro Irrigado de
Betume / Julieta Augusto Nhampossa ; orientadora Laura Jane
Gomes. – São Cristóvão, 2015.
74 f. : il.

Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade
Federal de Sergipe, 2015.

1. Recursos hídricos. 2. Irrigação agrícola. 3. Sustentabilidade.
4. Arroz – Cultivo. 5. Arroz – Irrigação. 6. Política pública. I. Gomes,
Laura Jane, orient. II. Título.

CDU 556.18:502.131.1:631.587

JULIETA AUGUSTO NHAMPOSSA

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO IRRIGADO DE BETUME

Dissertação de Mestrado apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH) da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

APROVADA em: 03/06/2015

Banca Examinadora



Profª. Drª. Laura Jane Gomes (Orientadora)

Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos



Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa

Universidade Federal de Sergipe



Drª Ivana Silva Sobral

Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

SÃO CRISTOVÃO-SE

2015

É concedida ao Núcleo responsável pelo Mestrado em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe permissão para disponibilizar, reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Julietta Augusto Nhampossa

Julietta Augusto Nhampossa – Autora
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos/UFS

Laura Jane Gomes

Profª. Dra. Laura Jane Gomes (Orientadora)
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos/UFS

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Laura Jane Gomes', is positioned above a horizontal line.

Profa. Dra. Laura Jane Gomes (Orientadora)
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos/UFS

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço imensamente a Deus pelo dom da vida e por iluminar sempre os meus caminhos seja na vida pessoal assim como profissional.

Agradeço aos meus pais, meus irmãos, meu namorado e meus amigos por estarem sempre do meu lado me apoiando e torcendo por mim.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, pelas aulas e contribuições relevantes para o nosso desenvolvimento profissional. Ao professor Antenor Aguiar Netto em especial primeiro pela paciência e colaboração durante o processo seletivo, obrigada.

Um agradecimento especial vai a minha orientadora Laura Jane Gomes, pelo apoio incondicional, pela orientação, atenção, gentileza, paciência e crítica quando necessária no desenvolvimento desta pesquisa. Muito obrigada professora por me ter aceitado como orientanda, por ter sido professora, mãe, amiga, parceira, e muito mais. Que Deus a abençoe sempre. Obrigada por tudo!

Aos técnicos e pesquisadores do Projeto Águas do São Francisco, aos irrigantes e técnicos do Perímetro Irrigado do Betume, muito obrigado pelo calor, acolhimento, parceria e toda a atenção dispensada durante a coleta de dados.

Aos meus colegas do mestrado, obrigada pelo acolhimento, pela convivência, troca de experiências, parceria e amizade. Mais do que colegas e amigos, foram para mim uma família maravilhosa que jamais esperava encontrar, cada um de vocês ficará para sempre no meu coração, obrigada por tudo.

A CODEVASF - 4ª Superintendência regional, pela disponibilização de informações.

Ao projeto NICHE-NUFFIC 024, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso deste trabalho fazendo com que este sonho se tornasse realidade, muito obrigada.

Esta pesquisa teve apoio do Projeto

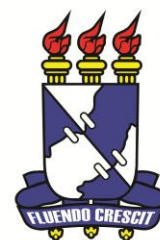
ÁGUAS

do São Francisco

REALIZAÇÃO:



SergipeTec
Sergipe Parque Tecnológico



Universidade Federal de Sergipe

PATROCÍNIO:



PETROBRAS

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

RESUMO

A agricultura irrigada tem sido de fundamental importância para a produção de alimentos no nordeste brasileiro. Os projetos públicos de irrigação surgiram como resposta aos problemas de seca que assolam o semiárido brasileiro. Para que tenham sucesso, é imprescindível que conciliem os objetivos de aumento da produtividade com o bem estar social e a manutenção de um ambiente ecologicamente saudável. O Perímetro Irrigado do Betume, embora não esteja localizado numa região semiárida, é um projeto público de irrigação que tem o objetivo de desenvolvimento socioeconômico da região, cuja a principal cultura produzida é o arroz irrigado por inundação. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo analisar a sustentabilidade do Perímetro Irrigado de Betume por meio de indicadores ambientais, sociais e econômicos, num horizonte temporal de cinco anos (2009/2014). Para tal, foram selecionados indicadores e mensurados com base na adaptação do método Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade (MESMIS), combinado com a Técnica de Análise Hierárquica (AHP), onde o MESMIS foi usado para a seleção e mensuração dos indicadores e o AHP auxiliou a atribuição de pesos dos indicadores. Os resultados foram obtidos com base na análise de dados secundários fornecidos pela CODEVASF, empresa responsável pela assistência técnica dos agricultores no perímetro. Para cada indicador foi atribuído um valor que representa o seu desempenho, na escala de zero a dez. Este valor foi associado ao peso de cada indicador para a obtenção do índice de sustentabilidade por cada dimensão estudada. O índice geral de sustentabilidade do perímetro foi obtido com base na média aritmética dos índices das três dimensões. Desta forma, foram selecionados 20 indicadores, 7 da dimensão ambiental, 6 da dimensão social, e 7 da dimensão econômica, em que os índices obtidos por dimensão foram 3,81; 5,83; e 6,09; respectivamente. Assim, o índice de Sustentabilidade do Perímetro Irrigado de Betume no período 2009/2014 foi de 5,24, considerado intermediário, o que significa que o perímetro está numa situação de sustentabilidade comprometida. Os indicadores que receberam a pontuação mais crítica fazem parte da dimensão ambiental, mais precisamente a Área de Reserva Legal. Contudo, a presente pesquisa gerou informações que poderão contribuir para a gestão sustentável do Perímetro Irrigado do Betume.

Palavras-chave: Agricultura irrigada. Políticas públicas. Orizicultura.

ABSTRACT

Irrigated agriculture has been of fundamental importance for food production in the Brazilian northeast. The public irrigation projects have emerged as response to drought problems harassing the Brazilian semi-arid region, and, to have success, it is imperative to reconcile the need of productivity goals with the social welfare and maintaining an ecologically healthy environment. The irrigated Bitumen perimeter, although not located in a semi-arid region, is a public irrigation project that aims to socioeconomic development of the region, whose main produced crop is flooded irrigated rice. Being so, this work aimed to analyze the sustainability of irrigated Bitumen perimeter through indicators in environmental, social and economic dimensions, in a horizon time of five years (2009-2014). For such, indicators were selected and measured based on Marco method for Assessment of Management Systems for Natural Resources Incorporating Sustainability Indicators ("MESMIS"), combined with the Hierarchical Analysis Technique ("AHP"), where the "MESMIS" was used for selection and measurement of indicators and the AHP helped the attribution of weights of the indicators. The results were obtained based on secondary data analysis provided by CODEVASF, company responsible for technical assistance of farmers on the perimeter. To each indicator was assigned a value that represents its performance, on scale from 0 (zero) to 10 (ten). This value was associated to the weight of each indicator to obtaining the sustainability index for each studied dimension. The general index perimeter of sustainability was obtained based on arithmetic mean of indices of the three dimensions. In this way, 20 indicators were selected, 7 of the environmental dimension, 6 of the social dimension, and 7 of the economic dimension, in that, the indices obtained by these dimensions were 3.81; 5.83; and 6.09; respectively. Therefore, the sustainability index for irrigated Bitumen perimeter in the period 2009-2014 was 5.24, which means that the perimeter is in a compromised sustainability situation. The indicators that received the most critical score are of environmental dimension was specifically the legal reserve area. However, the present research generated information that may contribute to the sustainable management of the Bitumen irrigation perimeter.

Key words: irrigated agriculture. Public policies. Rice cultivation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação da Matriz Pressão – Estado- Resposta.....	24
Figura 2 -	Mapa de localização da área de estudo.....	27
Figura 3 -	Fluxograma das etapas de adaptação do MESMIS combinada com a técnica AHP.....	29
Figura 4 -	Fluxograma de entradas, saídas e interação entre os elementos dentro do sistema orizicultura no Betume.....	39
Figura 5 -	Desempenho dos indicadores da dimensão ambiental no Perímetro Irrigado do Betume	43
Figura 6 -	Desempenho dos indicadores da dimensão social no Perímetro Irrigado do Betume	46
Figura 7 -	Desempenho dos indicadores da dimensão econômica no Perímetro Irrigado do Betume	48
Figura 8 -	Descarte de embalagens vazias de agrotóxicos no Perímetro Irrigado do Betume.....	53
Figura 9 -	Antiga Unidade de Beneficiamento atualmente abandonada no Perímetro Irrigado do Betume.....	55
Figura 10 -	Índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Betume.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-	Atributos, temas e pontos críticos segundo Pereira e Martins, (2010); Prieto, (2011); Carvalho e Silva, (2013); Santos, (2004) e Astier et al. (1999).....	31
Quadro 2-	Pontos de monitoramento da qualidade da água do perímetro	33
Quadro 3-	Classificação do Índice de Qualidade da Água.....	35
Quadro 4-	Escala numérica de Saaty.....	35
Quadro 5-	Índice de inconsistência aleatória.....	36
Quadro 6 -	Classificação do índice de sustentabilidade.....	38
Quadro 7-	Indicadores selecionados para a avaliação de sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Betume nas três dimensões estudadas, suas fortalezas, debilidades e critérios de definição de fortalezas	41
Quadro 8-	Índices de sustentabilidade encontrados por outros autores em outras áreas irrigadas.....	57
Quando 9-	Síntese das estratégias para o melhoramento dos indicadores críticos identificados no estudo.....	58

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	
2.1 Do ambientalismo ao desenvolvimento sustentável.....	12
2.2 A institucionalização do meio ambiente e o contexto da criação de políticas públicas de irrigação no Brasil	13
2.3 Agricultura irrigada no nordeste brasileiro.....	16
2.4 A abordagem sistêmica como fundamento para uma visão de sustentabilidade em perímetro irrigado	19
2.5 Indicadores de sustentabilidade	21
2.5.1 Métodos utilizados para a mensuração de indicadores de sustentabilidade em perímetros irrigados	23
3. MATERIAIS E METODOS	
3.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	27
3.2 Coleta e análise de informações	28
3.2.1 Caracterização do sistema de orizicultura no Perímetro Irrigado do Betume.....	30
3.2.2 Seleção de indicadores de sustentabilidade para o Perímetro Irrigado do Betume.....	30
3.2.3 Mensuração de indicadores de sustentabilidade para o Perímetro Irrigado do Betume	32
3.2.4 Cálculo dos pesos dos indicadores	35
3.2.5 Cálculo do índice de sustentabilidade	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Caracterização do sistema da orizicultura no Perímetro Irrigado do Betume ...	39
4.2 Indicadores selecionados para o Perímetro Irrigado do Betume	41
4.2.1 Dimensão ambiental	43
4.2.2 Dimensão social.....	46
4.2.3 Dimensão econômica.....	47
4.3 Índice de sustentabilidade do perímetro nas três dimensões	50

4.4 Índice geral de sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Betume.....	55
4.5 Síntese de fragilidade e estratégias encontradas para o Perímetro Irrigado do Betume	57
5. CONCLUSÃO.....	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICES E ANEXOS.....	66

1. INTRODUÇÃO

O aumento contínuo da população humana traz consigo a necessidade do aumento da produção de alimentos, acarretando deste modo a expansão das áreas de cultivo, o que pressupõe a necessidade cada vez mais crescente de água para a irrigação, e consequentemente, o aumento da pressão sobre os recursos hídricos. Como resposta às crescentes demandas pela quantidade de água para irrigação principalmente nas zonas semiáridas, a agricultura irrigada vem se expandindo com o objetivo principal de fornecer água constantemente às unidades produtivas.

Por isso, a agricultura irrigada tornou-se um objeto de estudo no âmbito acadêmico nas últimas décadas, com vista a discutir-se a sustentabilidade dessa prática, dado que este modelo de desenvolvimento socioeconômico caracterizado pelo uso excessivo de água, se não for bem planejado, pode contribuir significativamente para a degradação do meio ambiente. Assim, as pesquisas sobre os indicadores de sustentabilidade dos perímetros irrigados tem sido um desafio na atualidade, e visa contribuir para a busca de mecanismos que minimizem os impactos negativos causados por esta prática.

A área irrigada no Brasil vem crescendo consideravelmente pois segundo MIN (2011), Brasil tinha cerca de 4,4 milhões de hectares em 2006, mas dados mais recentes do MIN (2014) mostram que essa área cresceu para 5.5 milhões de hectares em 2014. Contudo, acredita-se que o Brasil apresenta um elevado potencial com cerca de 29,564 milhões de hectares de área irrigável, o que pode contribuir para a expansão e aperfeiçoamento da irrigação, dada à quantidade de recursos hídricos que o país possui, aliada a problemática do fenômeno das secas nas regiões semi-áridas.

Na década de 1960, o governo brasileiro definiu a irrigação como prioridade para o alcance da modernização agrícola por meio da criação do Programa Nacional de Irrigação nas regiões Norte, Sul, Sudeste e Centro – Oeste, e criado na região Nordeste, o Programa de Irrigação do Nordeste com objetivo de aumentar a área irrigada. Deste modo, o governo federal delegou a Companhia de Desenvolvimento do Vale de São Francisco (CODEVASF) e o Departamento Nacional de Obras Contra Seca (DNOCS) como os principais órgãos públicos para a implementação e o gerenciamento dos programas de irrigação na região Nordeste do país e no norte de Minas Gerais.

Nesse âmbito de desenvolvimento de políticas públicas regionais, adotou-se o modelo de desenvolvimento que prioriza o uso da água do rio para a geração de energia elétrica e irrigação. O Perímetro Irrigado de Betume (PIB) em operação desde 1977, apesar de não estar localizado na região semi-árida, foi desenvolvido em decorrência da implantação da Barragem de Sobradinho e do complexo hidrelétrico à sua jusante, que modificou significativamente a vazão do rio São Francisco, no Baixo São Francisco.

Observa-se no PIB problemas como conflitos sociais entre irrigantes, a drenagem das águas do rio São Francisco, que segundo os técnicos e irrigantes, o perímetro já apresentava erros graves desde a sua implantação. Os irrigantes do Betume têm enfrentado problemas relacionados com a safra, infraestrutura, financeiros e comercialização, pois, os empresários, para além de estarem em número reduzido, são pouco confiáveis devido a falta de compromisso destes com os irrigantes. A degradação ambiental também faz parte do quadro de problemas que caracterizam o perímetro.

Estes problemas foram igualmente identificados por Silva e Lopes, (2003) na pesquisa sobre a caracterização socioambiental do PIB, que constataram para além dos problemas acima citados, as modificações no uso do solo, inundação de áreas férteis, mudanças na qualidade da água, desperdício e contaminação de água, descarte de embalagens de agrotóxicos, desmatamento, salinização e compactação dos solos. Estes problemas, por sua vez, trazem consequências socioeconômicas e ambientais sobre as populações que vivem no seu entorno afetando diretamente o seu modo de vida, e colocando em ameaça a sustentabilidade do perímetro.

Silva e Lopes, (2003) caracterizaram o perímetro, porém, não utilizaram uma metodologia que permitisse traduzir os problemas identificados em indicadores que possam ser mensurados de modo a auxiliar na identificação de estratégias para a mitigação das fragilidades do perímetro, dando ênfase para os indicadores mais críticos.

A agricultura moderna disseminada pela Revolução Verde e baseada na utilização de insumos químicos, maquinarias e sementes melhoradas por um lado contribui para o aumento da produção agrícola e por outro lado resulta na transformação dos sistemas produtivos agrícolas em virtude das tecnologias empregadas. O crescimento econômico não pode ser visto como sinônimo de desenvolvimento pois, este último desenvolve um conjunto de relações nas diferentes dimensões social, política, econômica, cultural e ambiental. A sustentabilidade é um conceito que deve fazer parte do processo de desenvolvimento, como

uma tentativa de reduzir ou minimizar os impactos causados pelo crescimento industrial associado á degradação ambiental.

Esta questão leva-nos a uma reflexão sobre o modelo de agricultura irrigada adotado no PIB: Será que a atividade agrícola contribui para o desenvolvimento socioeconômico da região? Os instrumentos legais que garantem o bem estar do agricultor rural estão acoplados a esta atividade? O crescimento econômico está sendo acompanhado pelo bem estar social e pela redução da degradação ambiental? Ressaltando que o desenvolvimento socioeconômico que aqui se refere está relacionado à sustentabilidade que inclui o bem estar social, ambiental e econômico.

Os indicadores de sustentabilidade do PIB poderão subsidiar em estratégias para o planejamento e gestão do perímetro, pois, são capazes de retratar o contexto de uma maneira científica e auxiliam na identificação das principais potencialidades e limitações do perímetro. Nessa perspectiva, o presente estudo objetivou analisar a sustentabilidade do Perímetro Irrigado de Betume nas suas dimensões ambiental, social e econômica, tendo em conta o enfoque sistêmico. Especificamente, objetivou-se caracterizar o sistema de produção no Betume; selecionar um conjunto de indicadores de sustentabilidade adequados para a avaliação do sistema em estudo nas três dimensões abordadas; mensurar os indicadores selecionados e determinar o índice que permite classificar o estado atual do sistema de produção quanto ao nível de sustentabilidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Do ambientalismo ao desenvolvimento sustentável

A discussão sobre os temas relacionados ao desenvolvimento e meio ambiente tornou-se intensa a partir do início do séc. XX. Segundo Oliveira (2011), neste período, a comunidade científica assumiu um papel relevante com vista a aflorar a questão ambiental e por isso, a partir da década de 1970, o tema ganhou um espaço significativo internacionalmente porque os cientistas e os tomadores de decisões políticas passaram cada vez mais a alertar sobre os impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente, que resultavam numa significativa redução da biodiversidade, principalmente por causa do setor industrial.

Os primeiros movimentos ambientais tiveram as suas ações concentradas sobre os desastres que assolavam o mundo (poluição do ar, contaminação da água, etc.), às imprudências e a falta de mecanismos coercitivos contra os graves danos ao meio ambiente. Para Milaré (2007), a Conferência de Estocolmo de 1972 organizada pela Organização da Nações Unidas (ONU), envolvendo 113 países, trouxe o debate sobre o ambientalismo a nível internacional com o objetivo de se pensar em alternativas sustentáveis para os padrões de consumo e de produção da sociedade moderna. O principal resultado da conferência foi a percepção por parte dos países ricos e industrializados sobre a degradação ambiental causada pelo modelo de desenvolvimento por eles adotado.

Ainda em 1972, o Clube de Roma publicou o relatório “Limites de Crescimento”, cujo principal objetivo foi alertar a humanidade sobre a questão ambiental e neste ano iniciaram vários eventos decisivos para a evolução da abordagem ambiental no mundo e a questão se tornou central em diversas esferas como social e política.

Foi neste contexto que o desenvolvimento que era associado ao progresso tecnológico e a acumulação de material, passa a ser associado aos riscos da degradação ambiental. O meio ambiente surge como uma questão importante na arena política e científica a partir do momento em que mudanças intensas começaram a afetar a vida humana, como é o caso das mudanças climáticas, desastres ambientais, contaminação de solos e água (SCOTTO et al., 2007).

Com isso, o ser humano começa a sentir-se como parte integrante da natureza e percebe que as suas ações devastadoras ao meio ambiente se refletem nos sistemas naturais e também em sua organização social, econômica, cultural e política. Desta forma, conceito de desenvolvimento sustentável assume seus contornos nas últimas quatro décadas.

Segundo o relatório “O Nosso Futuro Comum”, também conhecido como Brundtland, o desenvolvimento sustentável é aquele que se baseia no princípio de satisfação das necessidades da presente geração sem comprometer as gerações futuras de satisfazerem suas necessidades. Portanto, o conceito de desenvolvimento sustentável adotado neste trabalho é aquele que considera os princípios de desenvolvimento Sustentável que apontam para a necessidade de conciliar as questões sociais, econômicas e os objetivos da gestão ecologicamente sustentável dos recursos naturais alcançando um desenvolvimento que garante condições de vida saudáveis e um ambiente equilibrado para as atuais e futuras gerações.

De acordo com Little (2003), o relatório de Brundtland é um avanço pós Conferência de Estocolmo por considerar os problemas ambientais dentro de um marco mais amplo das relações entre os países e por assimilar a interação entre o meio ambiente e a estrutura de desenvolvimento socioeconômico. O autor ressalta que com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio ambiente e Desenvolvimento e do Fórum Global, no Rio de Janeiro em 1992, nos quais reuniram-se milhares de representantes governamentais e da sociedade civil para debater temas ambientais, o Brasil tornou-se uma referência importante nas discussões sobre o meio ambiente a nível mundial, o que serviu para fortalecer o movimento ambientalista nacional.

2.2 A institucionalização do meio ambiente e o contexto da criação de políticas públicas de irrigação no Brasil

Segundo Milaré (2007), existem quatro marcos importantes que caracterizam o ordenamento jurídico brasileiro sobre o meio ambiente. O primeiro marco foi a instituição da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938, de 31 de 08.1981) que dentre tantos objetivos, trouxe o conceito do meio ambiente como objeto específico de proteção, e instituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

O segundo marco foi o que coincidiu com a Lei 7.347 de 24.07.1985 que disciplina a ação civil pública como instrumento processual para a defesa do meio ambiente. Em seguida houve a promulgação da Constituição Federal de 1988 como terceiro marco, a partir do qual surgiram as Constituições Estaduais incorporando a temática ambiental e posteriormente seguidas pelas Leis Orgânicas dos Municípios. O autor considera como quarto marco a aprovação da Lei dos Crimes Ambientais (Lei 9.605, de 13.02.1998) que dispõe de sanções penais contra condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

A consolidação institucional pela qual o governo deveria tratar as questões ligadas ao meio ambiente na primeira metade da década de 90, foi seguida pela atualização da Legislação Ambiental na segunda metade da mesma década. Em quatro anos consecutivos, importantes leis foram promulgadas: Lei de Recursos Hídricos (nº 9433 de 1997), Lei de Crimes ambientais (nº 9604 de 1998), Lei da Educação Ambiental (nº 9795 de 1999), Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (nº 9985 de 2000) (LITTLE, 2003). Portanto, com base nas leis acima referidas e outras leis foram criadas normas para as ações ambientais no Brasil e foram criados novos instrumentos políticos e instâncias públicas para a sua implementação.

No ano de 1934 foi promulgado o Código de Águas, Dec. 24.643 de 10.07.1934 (BRASIL, 1934), primeiro dispositivo legal que possibilitou ao poder público disciplinar o aproveitamento industrial das águas. A implementação do Código de Águas estava a cargo dos órgãos federais no que diz respeito as águas de domínio da união e dos órgãos estaduais nas águas do domínio do Estados.

Segundo Little (2003), na ótica federal, as atribuições e competências sobre os recursos hídricos eram do Ministério da Agricultura. Mais tarde, a partir da década de 60, essas competências passaram para o Ministério das Minas e Energia (MME), mais concretamente ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), pois havia um interesse governamental de promoção da infraestrutura de hidreletricidade necessária para a expansão do parque industrial brasileiro.

Contudo, em Junho de 1979, o Ministério do Interior (MINTER) passou a ser o responsável pelo controle da autorização para o uso de água para irrigação. Portanto, a autoridade para controle do uso da água foi dividida entre o DNAEE responsável pelo uso de água para todas as finalidades e o MINTER, que ficou responsável pelo controle da água para irrigação (LITTLE, 2003).

A Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) trouxe discussões sobre uma legislação específica para o setor de recursos hídricos que culminou com a chegada da proposta governamental de organização desse setor no Congresso Nacional em 1991, na forma do Projeto da Lei nº 2.259/91 (BRASIL, 1991). Desde então iniciou-se um longo processo de tramitação que durou mais de seis anos e culminou na sua promulgação em Janeiro de 1997 da Lei 9.433 (BRASIL, 1997) como um novo marco no desenvolvimento da gestão de recursos hídricos no Brasil. A presente lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil e a Bacia Hidrográfica passa a ser considerada como a unidade territorial de gestão de Recursos Hídricos.

Com base nessa lei, buscou-se assegurar para atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em quantidade e em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, estabelecendo a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte hidroviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável. Determina, ainda, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural, ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A Política Nacional de Irrigação foi promulgada em 1979 pela Lei 6.662 (BRASIL, 1979), e, direcionava as políticas do governo em relação ao desenvolvimento da irrigação, tendo como bases a utilização da terra e da água, pesquisa e planejamento, implementação de projetos públicos, tarifas de água para projetos públicos, preservação da qualidade da água, expropriação da terra para construção de perímetros de irrigados e promoção de projetos privados.

Devido as reformas administrativas que vem sendo implementadas no Brasil desde a década de 1990, houve a necessidade de reformular a referida lei, que passou por uma intensa tramitação pelo Congresso Nacional, e somente em 11 de Janeiro de 2013 foi promulgada a nova lei da 12.787 (BRASIL, 2013) que passa a disciplinar a nova Política Nacional de Irrigação, sob a responsabilidade do Ministério da Integração Nacional.

Baseada na Lei 12.787 de 11 de Janeiro de 2013, a nova Política Nacional de Irrigação (BRASIL, 2013), tem como principais objetivos:

- i - incentivar a ampliação da área irrigada e o aumento da produtividade em bases ambientalmente sustentáveis;

- ii - reduzir os riscos climáticos inerentes à atividade agropecuária, principalmente nas regiões sujeitas a baixa ou irregular distribuição de chuvas;
- iii - promover o desenvolvimento local e regional, com prioridade para as regiões com baixos indicadores sociais e econômicos;
- iv - concorrer para o aumento da competitividade do agronegócio brasileiro e para a geração de emprego e renda;
- v - incentivar projetos privados de irrigação, conforme definição em regulamento.

Uns dos instrumentos que regem a presente política são os planos e projetos de irrigação que visam orientar o planejamento e a implementação da Política Nacional de Irrigação, em consonância com os Planos de Recursos Hídricos. Os projetos de irrigação a serem implementados total ou parcialmente com recursos públicos fundamentar-se-ão em estudos que comprovem a viabilidade técnica, ambiental, hídrica e econômica ou social (Art 29). Portanto, subentende-se que o dispositivo refere-se à viabilidade econômica, social e ambiental, o que significa que a implantação de projetos públicos de irrigação deverá ser sustentável e isso deve ser levado em conta no ato do planejamento.

2.3 Agricultura irrigada no nordeste brasileiro

Segundo Felício (2010), a agricultura irrigada é o mecanismo de aplicação de água por meios artificiais com objetivo de suprir as necessidades hídricas. É uma prática aplicada principalmente em regiões onde a seca é um fator limitante para o desenvolvimento de culturas agrícolas. A irrigação tem-se tornado um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento agrícola pois tem o objetivo de fornecer condições para ampliação da produção de alimentos, garantindo além da segurança alimentar, a produção de fibras e energéticos e desenvolvimento regional.

Por outro lado, os recursos hídricos estão sofrendo uma pressão enorme devido ao aumento das demandas por água em termos qualitativos e quantitativos. Essa demanda causa uma escassez que leva a competitividade entre os usuários da água para os diversos fins agricultura, indústria e de abastecimento urbano, o que tem sido um entrave para o desenvolvimento de vários países. Como resultado, a água é cada vez mais considerada como um recurso escasso e valioso, que exige uma gestão rigorosa e cuidadosa. O autor considera que um dos entraves para a resolução desse problema está no setor agrícola que é o principal

consumidor de água principalmente nas regiões áridas e semi áridas, representando cerca de 70% de consumo mundial (PÉREZ e CAÑAS, 2013).

Em algumas regiões, a irrigação complementa a quantidade de água que uma cultura precisa em casos de falta de precipitação, mas o mesmo não acontece no Nordeste brasileiro, pois, segundo Carvalho (2012), o Nordeste é a região brasileira que mais necessita da utilização da irrigação na agricultura, visto que mais da metade das suas terras está localizada em áreas caracterizadas pelo clima semiárido.

Por isso, a atuação do governo federal no setor de irrigação priorizou a agricultura irrigada como base para o desenvolvimento econômico por meio da implantação de projetos públicos de irrigação com a criação da Companhia para o Desenvolvimento do Vale São Francisco e Paraíba (CODEVASF) e do Departamento Nacional de Obras Contra Seca (DNOCS). A CODEVASF, é uma Empresa pública, e foi criada em 1974 como responsável para a implementação de um programa de irrigação no vale do São Francisco, abrangendo os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas (DOURADO et al., 2006).

Os perímetros irrigados da CODEVASF, criados há mais de 30 anos, têm sido um centro de concentração de investimentos a nível federal no sentido de proporcionar infraestruturas de irrigação e geração de energia elétrica. As obras de geração de energia ao longo do Vale do São Francisco modificaram o regime de vazão dos rios, causando frequentes inundações das partes mais baixas e férteis, fazendo com que a maioria das famílias que viviam ao longo das áreas envolvidas abandonasse suas terras (CODEVASF, 2005).

Além disso, houve posse e uso de terra por parte de grandes propriedades cultivadas bem como a dominância capital/trabalho cujos retornos socioeconômicos não satisfaziam os pequenos proprietários. Estes e outros problemas socioeconômicos induziram o governo a intervir com programas de assentamento e reassentamento, desapropriação da área, assistência técnica aos agricultores, apoio a produção, construção de escolas e centros de saúde, entre outros.

No vale do São Francisco, estão em funcionamento 34 perímetros irrigados distribuídos entre os sete pólos de desenvolvimento da região, denominados: Norte de Minas, Guanambi, Formoso/Correntina, Barreiras, Irecê, Juazeiro/Petrolina e Baixo São Francisco, onde está localizado o Perímetro Irrigado de Betume (BRASIL, 2014). A maioria dos perímetros estão localizados no Estado da Bahia e o polo de Norte de Minas é o mais extenso

no que diz respeito a área em operação. Já o polo de irrigação Juazeiro/Petrolina é o mais desenvolvido do vale.

Silva e Lopes (2003) constataram que, como resultado da implantação dos perímetros do Baixo São Francisco, de uma forma geral, todos os irrigantes enfrentavam problemas relacionados a produção do arroz visto que o preço pago era considerado baixo em relação aos custos de produção bem como às dificuldades de manutenção dos lotes. Os autores destacaram ainda que a contaminação da água local prejudicava não só a saúde humana mas também a atividade de piscicultura, pois o uso de agrotóxicos é indiscriminado, não obedecendo a nenhum critério técnico.

Mesmo com todos os problemas atribuídos a implantação dos perímetros, estes trouxeram consigo mudanças significativas no sistema produtivo, o que é demonstrado pelo aumento de 21% no Valor Bruto de Produção (BRASIL, 2014), atribuído ao bom desempenho econômico dos perímetros irrigados implantados e geridos pela CODEVASF. Além dessa dinâmica de produção, os perímetros irrigados contribuem para a geração de empregos e renda.

Ortega e Sobel (2010), em um estudo sobre desenvolvimento territorial dos perímetros irrigados do pólo Juazeiro/Petrolina, constataram que existia um certo dinamismo econômico associado a criação de condições físicas favoráveis à prática da agricultura irrigada, mas, por outro lado, o envolvimento da população local era quase inexistente. Contudo, segundo Brasil (2014), este cenário está se modificando recentemente por meio da criação do Distrito de Irrigação¹, em que os produtores passaram a assumir a responsabilidade de administração, operação e manutenção das suas áreas, o que anteriormente era executado diretamente pela CODEVASF.

Assim, os atores locais passaram a ter uma participação mais ativa diante das políticas implementadas nos perímetros irrigados, o que pode contribuir para a mudança de comportamento da população local em relação á sustentabilidade da agricultura irrigada.

¹“É uma associação civil de direito privado, sem fins lucrativos, constituída de irrigantes do Perímetro Irrigado, tendo por função principal, mediante delegação da Empresa, a administração, a operação e a manutenção da infra-estrutura de irrigação de uso comum” (Brasil, 2014).

2.4 A abordagem sistêmica como fundamento para uma visão de sustentabilidade na agricultura irrigada

A abordagem sobre sistemas abre espaço para uma visão ampla e integrada. Numa escala de desenvolvimento sustentável existem várias abordagens, ambiental, social, econômica, política, entre outras, e, todas devem ser consideradas na avaliação da sustentabilidade do sistema. A teoria geral de sistemas pode ser compreendida na definição dada por Gregory, (2014, p.1):

“Teoria geral dos sistemas em um nível simples pode ser definida como: elementos, que estão em troca, e que são limitados. Estes componentes constituem um "sistema", que funciona dentro de um campo ou de um ambiente. Os elementos podem ser praticamente qualquer coisa que você deseja rotular como tal, as trocas são todas as relações que existem entre os elementos, e o limite é o que você pode ver, ouvir, sentir ou perceber que separa "sistema" do meio ambiente.”

Segundo Ison et al. (1997), a teoria geral de sistemas permite que o desenvolvimento sustentável seja encarado por meio de uma visão holística e multidisciplinar, visto que num sistema temos vários elementos interdependentes que interagem entre si tornando o sistema funcional. A presente afirmação pode ser fundamentada pela definição de sistema como um espaço dinâmico onde ocorrem relações entre os seres biológicos e seu meio ambiente, onde o ambiente não é visto como um substrato passivo mas sim parte integrante do sistema (ESPINOSA et al., 2008).

Gregory (2014) ressalta que num sistema temos entradas, saídas, *feedback*, processos, limites e objetivos. Os limites podem ser permeáveis ou impermeáveis, o que diferencia o sistema aberto do fechado. No sistema aberto, há entrada de energia e matéria-prima, que são transformados por meio de processos que ocorrem no sistema, resultando em produtos ou serviços, tal como acontece num perímetro irrigado.

Nessa perspectiva, o pensamento sistêmico torna-se imprescindível, pois auxilia na compreensão dos conceitos existentes em diversos campos do conhecimento (como por exemplo a psicologia social, economia, ecologia, ciências organizacionais, ciências de gestão) e as suas relações (CABRERA et al., 2008). Segundo Bellamy et al. (2001), os modelos de planejamento e gestão de recursos naturais devem conciliar esses campos e os tomadores de

decisão política, gestores e coordenadores regionais, devem usar um quadro de gestão prático e eficaz baseado nesse amplo espectro multidisciplinar.

A abordagem sistêmica permite avaliar os investimentos públicos e privados nas abordagens para a gestão de recursos naturais; identificar os fatores econômicos, institucionais, ambientais e tecnológicos mais críticos, que influenciam a gestão de recursos naturais; desenvolver critérios de avaliação e indicadores de desempenho para avaliar os potenciais impactos e influências dentro do sistema como um todo, identificar os resultados e as expectativas de um sistema integrado de gestão de recursos naturais e por fim estabelecer orientações técnicas que visem o monitoramento dos indicadores de acordo com os objetivos pretendidos e os resultados encontrados (BELLAMY et al., 2001).

Desse modo, o enfoque teórico que fundamenta a visão de sustentabilidade neste trabalho é encontrado na teoria geral de sistemas, levando-se em conta que os perímetros irrigados são áreas destinadas a produção agrícola com base na utilização de recursos naturais, com entradas, processo, saídas, limites e *feedback*, ou seja, os perímetros irrigados também são um sistema de produção. Assim, a sua gestão deverá ser baseada em instrumentos que permitam a articulação das partes constituintes do sistema e que permitam alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável, ou seja, articulação de pelo menos três principais dimensões, social, econômica, ambiental.

O aumento da produtividade nos perímetros irrigados pode ser acompanhado por impactos negativos causados pelo uso excessivo da água e fertilizantes, e, essas questões mostram a necessidade da agricultura irrigada ser sustentável de modo a atender a crescente demanda pela água e pelos alimentos, bem como às exigências ambientais (BJORNLUND e WHEELER, 2014). Os autores argumentam ainda que a sustentabilidade não é um objetivo final fixo, mas sim um processo que vai se adaptando às mudanças climáticas e ambientais, ao crescimento populacional e à mudança dos valores da sociedade em relação à água e ao meio ambiente.

Empresas e organizações setoriais têm promovido debates sobre a sustentabilidade, com vista a identificar meios para melhoria da linha central tripla, social, econômica e ambiental, contribuindo deste modo para o desenvolvimento sustentável (AZAPAGIC, 2003). O Autor considera que uma das principais forças motrizes para a promoção do desenvolvimento sustentável é a legislação, e cita como exemplo a União Europeia, que tem

uma comissão como o órgão ativo e responsável pela elaboração de políticas e legislação, que incentivam a responsabilidade social e empresarial.

Segundo Soares e Souza (2008), um mundo sustentável deve ser construído por meio de políticas públicas que são concebidas dentro do conhecimento científico, pois a ciência não é apenas uma ferramenta, mas também um mecanismo que ajuda a entender e organizar o conhecimento na medida que desenvolve a autocrítica e abre espaço para novas idéias. Para os autores, numa sociedade sustentável o progresso deve ser caracterizado pela qualidade de vida (educação, saúde, transporte) e não somente pela dimensão material que se reflete por valores do Produto Interno Bruto.

Martin (2006), ao fazer uma análise integrada da sustentabilidade, traz mais uma dimensão, a política/institucional, que seria responsável pela regulação das três dimensões citadas por Azapagic (2003), a social, econômica e ambiental. Segundo Martin (2006), existe uma interdependência entre estas dimensões, e para atingir a sustentabilidade, é necessário satisfazer em simultâneo, o desempenho e a meta de cada uma delas. Isso significa que as normas e políticas para a sustentabilidade não podem ser definidas de forma separada para as dimensões, e a sua análise deve se concentrar nas relações de interdependência existente entre elas.

2.5 Indicadores de Sustentabilidade

A necessidade de consolidar indicadores de sustentabilidade foi resultante da recomendação da Agenda 21, adotada na Conferência Internacional da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, cujo objetivo foi traduzir os princípios de desenvolvimento sustentável em práticas a serem monitoradas pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável (OECD, 2008). Portanto, o interesse sobre indicadores de sustentabilidade vem se desenvolvendo há mais de 20 anos por entidades governamentais e não-governamentais, universidades e instituições de pesquisa.

A Organização da Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2008) define “indicador” como uma medida qualitativa ou quantitativa derivada de uma série de fatos observados que podem revelar informações sobre o estado de um fenômeno em uma determinada área. Para Soares e Souza (2008), os indicadores de sustentabilidade são ferramentas que podem ser usadas para auxiliar a avaliação de uma dada situação,

estabelecendo em qual ponto se deseja chegar e monitorando as mudanças necessárias. Para este trabalho, a definição de “indicador” resulta da junção das duas definições acima, visto que ambas enfatizam a função do indicador como uma ferramenta que permite gerar informação sobre uma dada realidade.

O desenvolvimento de indicadores permite obter informações sobre os fatores que influenciam as dinâmicas das tecnologias e da população, e que, por conseguinte, podem constituir uma ameaça para a sustentabilidade de um sistema. O processo de estudo de indicadores é diverso e complexo, todavia, isso não pode ser visto como um obstáculo mas sim como um fator motivador na busca e criação de novas idéias e visões sobre ferramentas que melhor orientem a avaliação da sustentabilidade (VAN BELLEN, 2005).

Dependendo da temática ou do enfoque do sistema em estudo os indicadores podem ser quantitativos, quando os atributos forem quantificáveis, ou qualitativos, quando descrevem características ou peculiaridades do objeto (SANTOS, 2004). Para Van Bellen (2005), os indicadores qualitativos são os mais apropriados para avaliação do desenvolvimento sustentável por causa das limitações implícitas e explícitas que estão por de trás dos dados numéricos. Portanto, em alguns casos, a avaliação qualitativa pode ser transformada em dados quantitativos.

De acordo com Woodhouse et al. (2000), a seleção do tipo de indicador a ser utilizado em um estudo é influenciada pelo nível do sistema a ser estudado, isto é, a construção da lista de indicadores pode ser referente ao nível de parcela, propriedade, comunidade, bacia hidrográfica, região ou outro nível. Além disso, é fundamental que os indicadores sejam eficientes na sua aplicabilidade no que diz respeito a facilidade de compreensão e relevância. Para Santos (2014), representam as principais características dos indicadores: a capacidade quantificar/qualificar e de tornar a informação simples.

Os indicadores de sustentabilidade não são universais pois dependem das categorias e elementos específicos de um sistema e seus descritores. Contudo, para além de eficientes e não exaustivos, os indicadores devem ser o reflexo das características principais dos sistemas, a saber: a produtividade, a estabilidade, a equidade social e a resiliência. Assim, os indicadores devem ser elaborados no sentido de refletir os padrões sociais, econômicos e ecológicos, bem como devem ser de fácil medição e obtenção, com baixo custo associado e mensuráveis (MARQUEZ et al., 2003).

A definição de indicadores é caracterizada por um conjunto de ações com objetivo de definir e caracterizar a área de estudo e identificar os fatores críticos locais (MARQUEZ et al., 2003). No entanto, os autores ressaltam que é necessário definir valores considerados ideais ou aceitáveis para cada indicador ou conjunto de indicadores, que expressem a sustentabilidade local.

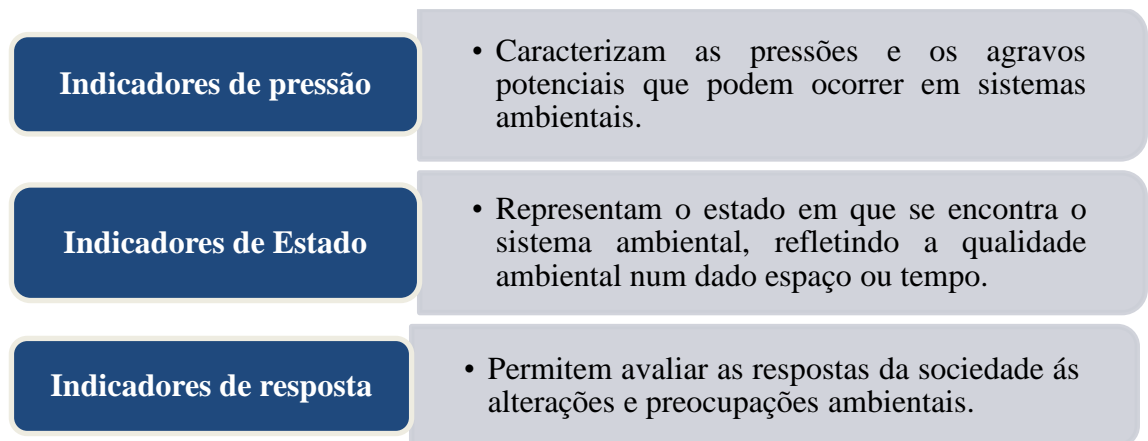
Ferraz et al., (2004) acrescenta que deve-se estabelecer um valor ao indicador, definido pelo grupo de pesquisadores ou agricultores, para cada indicador termos seus componentes ou variáveis, e a sua nota será baseada numa pontuação máxima e mínima, ou seja, estabelecer um ponto forte e fraco como por exemplo 100 e 0. A atribuição de pontos fortes e fracos são resultado da avaliação subjacente das variáveis do indicador, o que significa que a escolha das variáveis deve ser com base na sua relevância, pontualidade e acessibilidade (NARDO et al., 2005). Desta forma, poderá se avaliar as condições do sistema e identificar os pontos que merecem especial atenção na intervenção para o alcance de um sistema sustentável.

Contudo, existem diferentes métodos para a seleção e mensuração dos indicadores de sustentabilidade, cuja escolha depende da área de interesse e finalidade de estudo. Alguns métodos são apresentados no item a seguir.

2.5.1 Métodos utilizados para a mensuração de indicadores de sustentabilidade em perímetros irrigados

A matriz Pressão-Estado-Resposta (PER) foi criada em 1993 pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) como estrutura conceitual para orientar a seleção de indicadores (SOARES E SOUZA, 2008). As características de cada indicador são ilustradas na Figura 1:

Figura 1: Representação da Matriz Pressão- Estado - Resposta



Fonte: Adaptado de Soares e Souza, (2008)

Portanto, a matriz representada na Figura 1 permite organizar e agrupar de maneira lógica os fatores que incidem sobre o meio ambiente e recursos naturais bem como o impacto gerado a natureza e a saúde humana, assim como as intervenções da sociedade e do poder público.

Carvalho (2012), realizou um estudo sobre Indicadores de sustentabilidade para perímetros de irrigados no semiárido pernambucano usando o método PER, e concluiu que existe uma certa fragilidade na gestão dos perímetros, pois, a percepção sobre a sustentabilidade da agricultura familiar não permitem ainda alcançar a multidimensionalidade do desenvolvimento sustentável. Contudo, é necessária a intensificação dentre outras atividades de uma gestão participativa de projetos, organização social dos produtores, racionalização do uso da água, práticas que promovam a conservação do solo, geração de alternativas de renda.

O Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade (MESMIS) foi primeiramente desenvolvido por uma equipe multidisciplinar e multinstitucional no México na década de 1990, e mais tarde validado por meio da sua aplicação a mais de 20 estudos de caso no México e na América Latina (LÓPEZ et al., 2002).

Tem como objetivo traduzir os princípios da sustentabilidade em definições operacionais, indicadores e práticas no contexto do manejo sustentável de recursos naturais (PRIETO, 2011). O MESMIS permite avaliação sistêmica, participativa, interdisciplinar e flexível adaptável a diferentes níveis de disponibilidade de dados e recursos técnicos e

financeiros locais. O MESMIS é orientado pelos atributos básicos de sustentabilidade, a saber: produtividade, resiliência, confiabilidade, estabilidade, equidade, adaptabilidade, autosuficiência (PRIETO, 2011):

- a) Produtividade: está relacionada com a eficiência produtiva do sistema;
- b) Estabilidade, resiliência e confiabilidade: são agrupados em um único atributo pois estão relacionados com a capacidade de manutenção do sistema a longo prazo;
- c) Equidade: mede a distribuição de custos e benefícios, democracia na tomada de decisões e participação efetiva da população;
- d) Adaptabilidade: é a capacidade de um sistema encontrar novos níveis de equilíbrio, mantendo um nível de produtividade após mudanças ambientais de longo prazo.
- e) Autosuficiência: níveis de organização e dependência de recursos externos, capacidade de autogestão.

Segundo Prieto (2011), o Método MESMIS é aplicado na avaliação de projetos da área da agricultura, pecuária e florestas, evitando que as avaliações sejam meramente qualificadores, servindo como suporte para operacionalizar o conceito de sustentabilidade em busca de comunidades mais justas e ambientalmente saudáveis no desenvolvimento rural. Permite compreender melhor as limitações e oportunidades dos sistemas de gestão sustentável ao longo do tempo.

No Brasil, este método já foi aplicado por alguns autores como Pereira e Martins (2010), para avaliar a sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá nas dimensões ambiental, econômica e social, e concluíram que a metodologia MESMIS foi efetiva, sendo que os resultados por eles encontrados apontaram a dimensão ambiental como sendo a que apresentou melhor desempenho, a dimensão econômica com desempenho satisfatório e a dimensão social com o pior desempenho.

Foi igualmente aplicado por Matos-Filho (2004) para avaliar a sustentabilidade da agricultura orgânica em Florianópolis (Sc), nas dimensões ambiental, econômica e social. Silva et al. (2013) fizeram a modelagem de indicadores para avaliar a sustentabilidade da pesca artesanal do entorno da Floresta Nacional de Ibura, no nordeste do Brasil, aplicando a

metodologia MESMIS. Carvalho e Silva (2013) adaptaram a metodologia MESMIS para um contexto agroextrativista amazónico.

O método estatístico de Análise fatorial/análise de componentes principais teve seu início no século 20 e foi desenvolvido por Karl Pearson, Charles Spearman e outros cientistas com objetivo de sintetizar um número de variáveis originais em um número reduzido de dados (BOURDEL e FLECK, 1998). Consiste na geração de uma matriz de números aleatórios a partir da qual se realiza a análise de componentes principais.

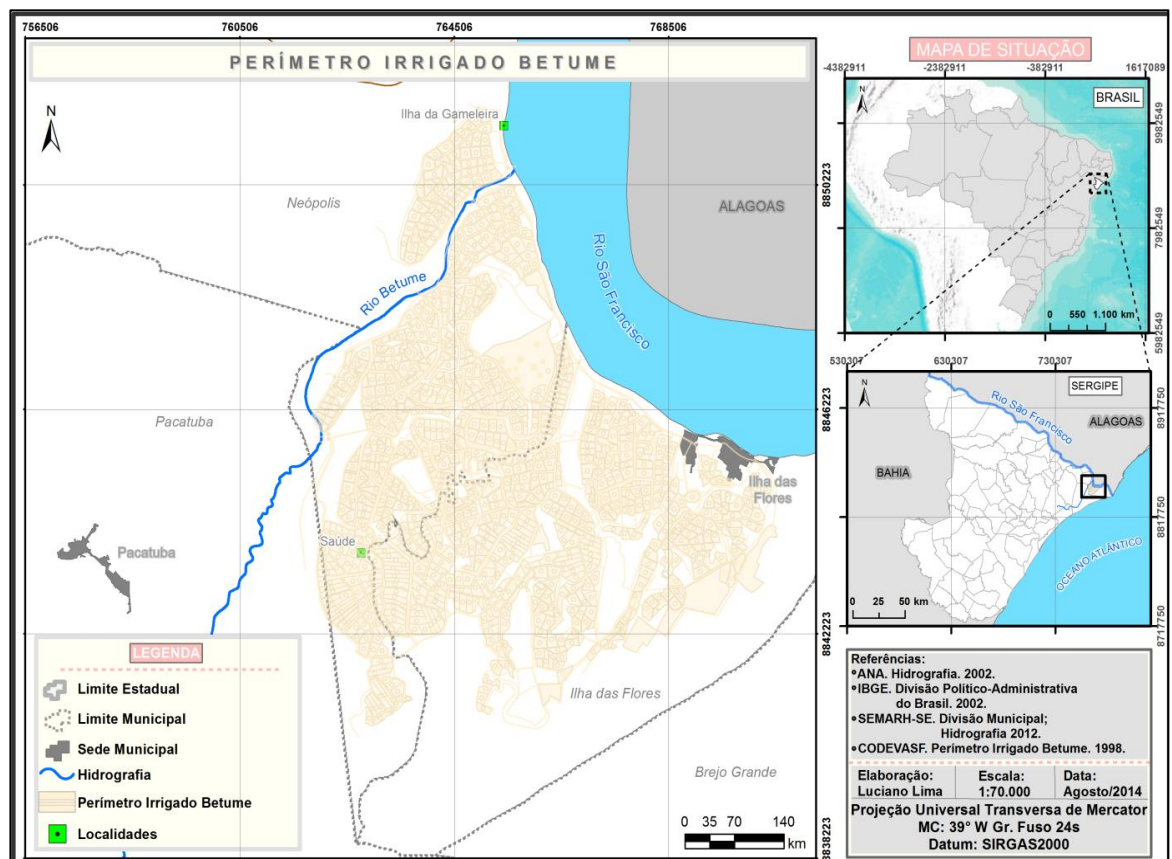
Esse método tem sido aplicado na geração de índices de sustentabilidade de perímetros irrigados no Brasil. Carneiro Neto et al. (2008), geraram um índice de sustentabilidade ambiental para o perímetro irrigado Ayres de Souza a partir de indicadores selecionados com base na análise multivariada. A mesma metodologia foi usada por Lopes et al. (2009), na proposta de um índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú e por Leite et al. (2009), na análise dos indicadores de sustentabilidade dos perímetros irrigados do Baixo Acaraú e Curu, localizados no Estado de Ceará.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

Segundo a CODEVASF (2005), o Perímetro Irrigado de Betume está inserido na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Betume, tributário do Rio São Francisco (Figura 2). Em operação desde 1978, o PIB encontra-se na região do vale Baixo São Francisco, na margem direita do rio, a 35 Km da sua foz, entre os municípios Ilha das Flores, Neópolis e Pacatuba- SE (Figura 2), com uma superfície total de 6. 698 Hectares, dos quais apenas 2.860 ha são de área irrigável. O perímetro, considerando como ponto de referência o Distrito Irrigado de Betume, é georreferenciado pelas coordenadas $10^{\circ} 23' 20,6''$ e $36^{\circ} 34' 31,7''$ WO, localizado no povoado de Betume, distando 8Km da cidade de Neópolis, 7 Km da cidade da Ilha das Flores, 16 Km da cidade de Pacatuba e 130 Km da cidade de Aracaju. As principais vias de acesso são as rodovias SE- 200 e SE-304, por meio das quais o perímetro se liga a BR- 101.

Figura 2. Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Lima, L. (2014)

Existem 12 povoados dentro da área do perímetro, três (03) no município de Neópolis (Betume, Tapera e Alto do Santo Antônio); Seis (06) no município de Ilha das Flores (Serrão, Bolívar, Bongue, Jenipapo, Aroeira e Cajueiro Vermelho) e três (03) no município de Pacatuba (Ponta da Areia, Poções e Siqueira) (CODEVASF, 2005).

Segundo a classificação de Thortnthwait, o clima da região é sub úmido, com duas estações, uma úmida fresca que vai de Março a Setembro e outra seca e quente, que vai de Outubro a Fevereiro. A precipitação média anual de 1555 mm, onde os meses de Maio, Junho e Julho são considerados os mais chuvosos. Os solos que caracterizam a região são hidromórficos e aluviais com predominância de textura argilosa e de pouca profundidade. Em grande parte do ano, o lençol freático encontra-se próximo a superfície do solo, interferindo nas características físicas, químicas e biológicas do solo. A principal fonte hídrica na área de irrigação é o rio São Francisco e Betume e o riacho Poções (CODEVASF, 2005).

O arroz é a principal cultura com base no sistema de irrigação por inundação (BRASIL, 2014). A infraestrutura do Betume é caracterizada por 148 Km de rede de irrigação, 134 Km de drenos, 88 Km de estrada, 24,8 Km de diques e 9 estações de bombeamento (CODEVASF, 2005).

3.2 Coleta e análise de informações

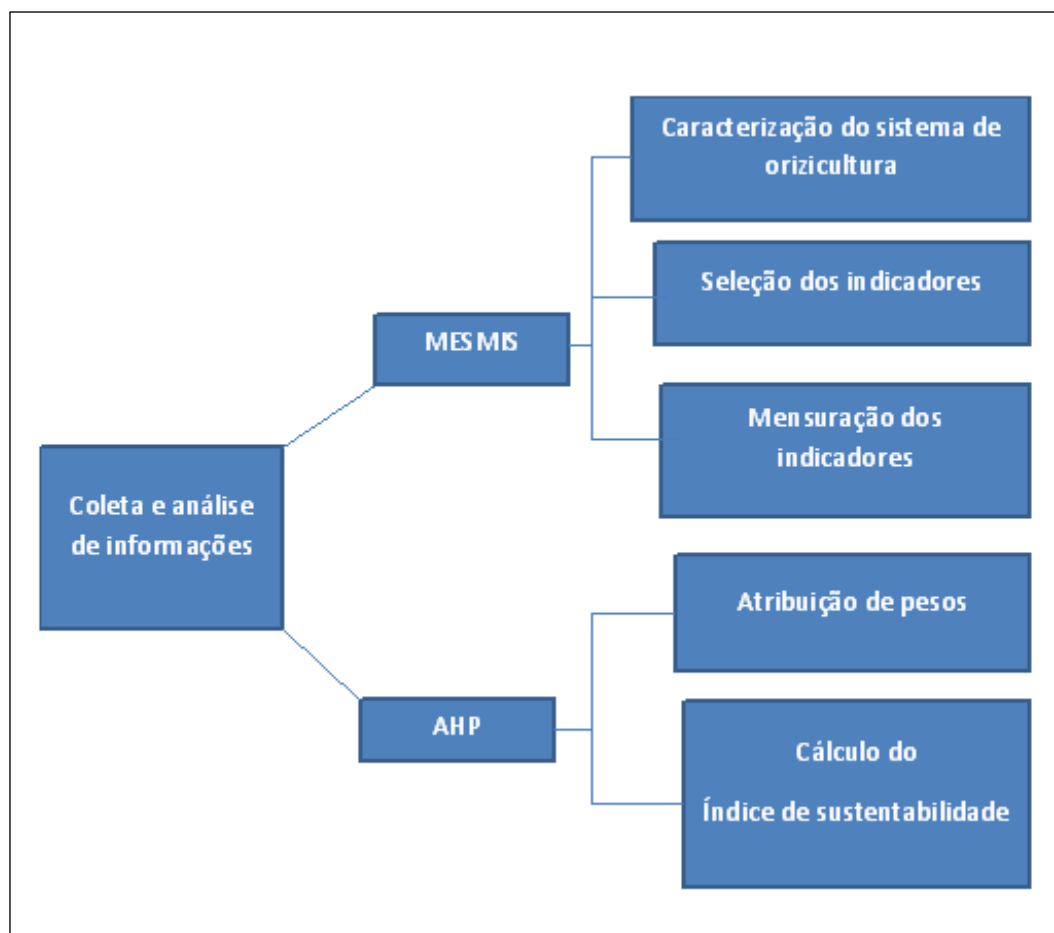
A coleta e análise de informações nesta pesquisa baseou-se na adaptação do método MESMIS (Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade) combinado com a técnica para a Técnica de Análise Hierárquica (AHP). O MESMIS consiste em traduzir os princípios gerais de sustentabilidade em operações práticas (LÓPEZ et al., 2002) e a sua escolha deveu-se ao fato de ser simples e prático, considerando o enfoque sistêmico, tendo como pressupostos a análise multidimensional aliada aos atributos do sistema de produção, em que os indicadores são selecionados e mensurados na base da legislação, participação do grupo alvo e trabalhos feitos por outros autores. Com isso, pode ser facilmente adaptado á diversas situações de análise de sustentabilidade.

Já o AHP é uma abordagem multicritério desenvolvida por Tomas L. Saaty no início da década de 70, utilizado no apoio à tomada de decisão em problemas com múltiplos

critérios (MARINS et al., 2013). O método AHP é recomendado pela OCDE (2008), como um dos métodos para atribuição de pesos em estudos de indicadores. Neste estudo, foi escolhido pelo fato de ser uma das técnicas de ponderação baseadas em metodologias participativas, que permitiu definir prioridades e atribuir pesos correspondentes aos indicadores para o desenvolvimento do índice de sustentabilidade do perímetro. Portanto, o MESMIS foi aplicado para a seleção e mensuração dos indicadores e o AHP foi aplicado para a atribuição dos pesos dos indicadores para o cálculo do índice.

A operacionalização prática do MESMIS combinada com a técnica AHP compreendeu cinco principais etapas (Figura 3) a saber: caracterização do sistema de orizicultura, seleção de indicadores, mensuração de indicadores, atribuição de pesos e cálculo do índice de sustentabilidade.

Figura 3: Fluxograma das etapas de adaptação da metodologia de MESMIS combinada com a técnica AHP.



Fonte: Adaptado de Astier et al. (2008).

3.2.1 Caracterização do sistema de orizicultura no Perímetro Irrigado do Betume

Na estrutura lógica do processo de avaliação usando o MESMIS, primeiro é caracterizado o sistema em análise com base no contexto socioambiental da avaliação bem como as escalas espaciais e temporais. Portanto, a escala temporal definida para o presente estudo foi o período 2009-2014 e a espacial, o Perímetro Irrigado do Betume. O arroz é a principal cultura produzida neste perímetro irrigado, razão pela qual a seleção e mensuração de indicadores para a presente pesquisa baseou-se na caracterização do sistema orizicultura.

Para a obtenção de informações para a caracterização do sistema em estudo, foram solicitadas informações à CODEVASF (ANEXO A) e também foram feitas várias visitas de campo de modo a familiarizar-se com o local de estudo bem como interagir com os agricultores e técnicos do Betume.

A pesquisa documental e bibliográfica também foi adotada para o levantamento do histórico do Betume, o cadastro dos irrigantes, os pontos críticos do perímetro e demais informações, de modo a compreender melhor a dinâmica do perímetro, com objetivo de compilar informações para subsidiar o desenvolvimento do presente estudo. Para efeito, foram consultados documentos técnicos produzidos no Betume, principais trabalhos científicos já realizados no local, bem como estudos realizados em outros locais mas que abordam o mesmo assunto (livros, artigos, teses, dissertações e relatórios da CODEVASF).

O sistema de orizicultura foi caracterizado considerando os elementos que entram no sistema, os processos que ocorrem dentro do sistema e as saídas do mesmo, bem como a interação entre os elementos dentro do sistema.

3.2.2 Seleção dos indicadores de sustentabilidade para o Perímetro Irrigado do Betume

Associado ao manejo sustentável dos recursos naturais, o MESMIS permite selecionar os indicadores a partir da determinação de uma série de pontos críticos específicos ou recursos para a sustentabilidade do sistema. Esses pontos críticos podem ser de natureza ambiental, social ou econômica. Para cada ponto crítico, são definidos os indicadores e critérios de diagnóstico para a definição de fortalezas e debilidades, de acordo com a legislação. Os indicadores selecionados, assim como os critérios de diagnóstico, estão apresentados no capítulo dos resultados.

Os pontos críticos segundo Juwana et al. (2012) são definidos por meio do levantamento bibliográfico, principalmente em trabalhos semelhantes. Portanto, os pontos críticos (Quadro 1) para o presente estudo foram associados aos atributos de sustentabilidade e determinados baseando-se em trabalhos como Pereira e Martins, (2010); Prieto, (2011); Carvalho e Silva, (2013); Santos, (2004) e Astier et al. (1999). Destes trabalhos, foram selecionados indicadores que se adequam á realidade do Perímetro Irrigado do Betume.

Quadro 1: Atributos, temas e pontos críticos segundo Pereira e Martins, (2010); Prieto, (2011); Carvalho e Silva, (2013); Santos, (2004) e Astier et al. (1999).

Atributos	Temas	Pontos críticos
Estabilidade Resiliência Confiabilidade Adaptabilidade Estabilidade	Água	Qualidade da água
	Vegetação natural	Manutenção da vegetação natural
	Ambiente	Manuseio de agrotóxicos
	Assistência técnica e Extensão rural	Análise de solos Capacitação dos irrigantes
Equidade Estabilidade Adaptabilidade	Condições de vida	Escolaridade
		Habitação
		Saneamento básico
Equidade Estabilidade Auto-suficiência	Inserção organizacional	Participação em organizações/associações
Estabilidade Produtividade Autosuficiência	Eficiência de manejo	Produtividade
		Dependência de atravessadores na Comercialização Inadimplência e dívidas com bancos e outros
Estabilidade Equidade	Performance da renda familiar e mão de obra	Renda no lote
		Outras fontes de renda
		Mão de obra familiar

Fonte: Pesquisa, 2014

Os pontos críticos apresentados no Quadro 1 aliados aos atributos principais de sustentabilidade, foram a base para a seleção dos indicadores que compõem o presente estudo. Com isso, foram selecionados 20 indicadores de acordo com as dimensões em estudo, constando sete da dimensão ambiental, seis da dimensão social e sete da dimensão econômica.

3.2.3 Mensuração dos indicadores de sustentabilidade para o Perímetro Irrigado do Betume

A mensuração dos indicadores foi realizada a partir da análise de dados secundários. As fontes secundárias permitem a obtenção de informações sobre a região ou localidade onde foi feito o diagnóstico de modo a obter uma visão global da região e evitar a repetição de estudos já realizados por outra pessoa ou equipe (SOUZA, 2009).

Considerando um horizonte temporal de cinco anos (2009-2014) para a análise da sustentabilidade do PIB, os dados socioeconômicos para a mensuração dos indicadores neste trabalho foram obtidos no Diagnóstico realizado no período 2009/2010 pela empresa - Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda, (FAHMA) contratada pela CODEVASF, empresa que presta serviços de assistência técnica e extensão rural (ATER), aos pequenos agricultores dos Perímetros de Irrigação de Propriá, Cotinguiba-Pindoba e Betume, localizados no Estado de Sergipe, na área de ativação da 4ª Superintendência Regional.

O objetivo da realização do diagnóstico foi a descrição e análise da realidade socioeconômica como instrumento básico para a elaboração do Plano de Desenvolvimento do Sistema Produtivo dos Perímetros. A metodologia utilizada para a coleta de dados que constam no diagnóstico foi a combinação de várias técnicas, tais como a entrevista semiestruturada, reuniões e a observação direta ou participando de reuniões e diálogos com produtores, gerentes de Distritos, empresários, representantes de organizações sociais e políticos da região (FAMA, 2009).

Assim, constam no diagnóstico informações sobre a situação atual dos produtores, processo de comercialização da produção e infraestrutura existente, área agrícola, condições de habitação, educação, questões ambientais e econômicas, entre outras. Com base no referido diagnóstico, foi possível mensurar 16 dos 20 indicadores selecionados, pois, o diagnóstico não contém informações sobre os outros quatro indicadores: Produtividade, Área de Reserva Legal, Área de Preservação Permanente, e Qualidade da água.

Assim, as informações que não constavam no diagnóstico foram novamente solicitadas por meio de ofícios à CODEVASF através do setor responsável. Deste modo, A CODEVASF, através do setor de Desenvolvimento regional enviou as informações (APENDICE A) que contêm os dados da produtividade do PIB das safras 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2012/13 E 2013/14, correspondentes ao período do presente estudo. Do mesmo modo, as informações sobre averbação da área de Reserva Legal no período estudado foram enviadas através do setor de Meio Ambiente. Já as informações referentes à Área de Preservação Permanente foram solicitadas também por meio de ofício ao Projeto Águas do São Francisco, que têm como um dos objetivos a recuperação de Mata Ciliar nos perímetros do Betume e Jacaré contíguos.

Uma dificuldade encontrada foi a disponibilidade de dados para o indicador qualidade da água do PIB no espaço temporal definido para o estudo (2009 - 2014). Assim optou-se por fazer uso dos dados disponíveis em um estudo recente desenvolvido por Britto (2015). Para tal, foi considerado o Índice de Qualidade de Água (IQA) pela sua abrangência e contribuição para determinar a qualidade hídrica na área de estudo. O Índice de Qualidade de Água destaca-se por reunir em um único valor diversos parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

As amostras de água para análise e cálculo do IQA foram coletadas no período Junho de 2013- Agosto de 2014, correspondentes aos períodos seco e chuvoso. O monitoramento dos parâmetros de qualidade da água foi feito nos rios Betume e São Francisco, que são as fontes hídricas que alimentam o PIB (Quadro 2)

Quadro 2: Pontos de monitoramento da qualidade da água do perímetro

Estação	Localização	Coordenadas (UTM)
3	Estação de Bombeamento EB5	24L 763227; 8848837
4	Estação de Bombeamento EB4	24L 766368; 8847251
2B	Em frente a Codevasf (Betume)	24L 765497; 8850429

Fonte: Britto, 2015

A mensuração dos indicadores foi baseada nos métodos propostos pela OCDE, (2008): Redimensionamento contínuo, distância em relação a referência e escala categórica.

Mínimo – Máximo

Para a maioria dos indicadores (18) mensurados com base no diagnóstico e apresentados em porcentagens, foi aplicada a fórmula mínimo-máximo que consiste em definir uma gama de valores de indicadores de forma idêntica, atribuindo notas de 0-1 ou de 0-10, em que 0 é o valor mínimo ou crítico e 1 ou 10, o valor máximo ou desejado do indicador. Os critérios de diagnóstico para a definição de fortalezas e debilidades dos indicadores foram definidos com base na legislação brasileira associada a percepção dos pesquisadores. Neste caso, optou-se em usar a escala de 0-10, aplicando a equação geral do cálculo de indicador com base na fórmula abaixo:

$$Si = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que: Si = Valor do indicador i; X_i = Valor atual do indicador i; X_{\min} e X_{\max} são os limites mínimo e máximo do indicador. No final desta etapa, obteve-se os indicadores valorados na escala de 0-10 valores. Este método foi usado para a mensuração da maioria dos indicadores selecionados, com exceção de dois (2) indicadores, produtividade e qualidade da água.

Distância em relação à referência

Este método foi usado para a mensuração da produtividade. O método consiste na escolha de uma referência que pode ser regional, nacional ou internacional, num determinado lugar e num certo período de tempo. Para o indicador produtividade, foi considerada como referência, a produtividade média do estado de Sergipe das últimas 5 safras (2009/10, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14), tendo em conta o horizonte temporal do estudo (2009-2014). Neste caso, o valor da produtividade foi calculado com base na seguinte fórmula:

$$Si = \frac{X_c^t}{X_c^{t0}} \quad (2)$$

Em que: Si = Valor do indicador; X_c^t = valor da produtividade média do Perímetro Irrigado do Betume no período 2009-2014 e X_c^{t0} = valor da produtividade média do Estado de Sergipe no período 2009-2014.

Escala categórica

O método de escala categórica foi usado para a mensuração do IQA. Este método consiste em atribuir categorias para o indicador baseado em alguns critérios definidos. As categorias podem ser quantitativas (valores como 1-5) ou qualitativas (como "muito bom", "bom" ou "ruim"). O IQA foi mensurado a partir da adaptação da escala de classificação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Quadro 3) que desenvolveu e adaptou o IQA a partir de um estudo realizado em 1970 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos (CETESB, 2013).

Quadro 3: Classificação do Índice de Qualidade da Água

Categoria	Ponderação	Nota
Ótima	$80 \leq \text{IQA} \leq 100$	10
Boa	$52 \leq \text{IQA} < 80$	8
Aceitável	$37 \leq \text{IQA} < 52$	6
Ruim	$20 \leq \text{IQA} < 37$	4
Péssima	$0 \leq \text{IQA} < 20$	2

Fonte: adaptado da CETESB (2013).

3.2.4 Cálculo dos pesos dos indicadores

Após a mensuração dos indicadores por cada dimensão, foi realizado seguinte processo:

a) Construção das matrizes de comparação paritária entre os indicadores usando a seguinte escala:

Quadro 4. Escala numérica de Saaty

Escala numérica	Escala verbal
1	Ambos elementos são de igual importância
3	Moderada importância de um elemento sobre outro
5	Forte importância de um sobre o outro
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro
2,4,6,8	Valores intermediários entre as relações adjacentes

Fonte: Saaty (1990)

A comparação dos indicadores no método AHP foi feita por profissionais de cada área. A escolha dos profissionais teve como critério professores cadastrados nos programas de Pós

Graduação da Universidade Federal de Sergipe. Tratando-se de indicadores nas dimensões ambiental, social e econômica, foram contemplados quatro (4) Programas de Pós graduação a saber: Programa de Pós Graduação em Economia, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Programa de Pós graduação em Recursos Hídricos e Programa de Pós Graduação em Sociologia, em que totalizou-se nove professores entrevistados, sendo três profissionais para cada dimensão. A comparação dos indicadores foi representada por uma matriz quadrada e recíproca para cada dimensão (APÊNDICE B):

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & a_{ij} & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_m \end{bmatrix}$$

Onde o a_{ij} representa a importância relativa dos indicadores analisados obtidos comparando indicador i com o indicador j enquanto seu recíproco ($1/a_{ij}$) é expressa no lado oposto da diagonal principal.

b) Normalização das matrizes de julgamento

Consiste em dividir cada valor da matriz pelo respectivo somatório da coluna. Feito isso obtêm se uma nova matriz com os dados normalizados, onde o valor médio de cada linha da matriz corresponderá ao peso do respectivo indicador.

c) Análise de consistência lógica:

O AHP propõe uma análise da razão de consistência (CR) lógica dos dados, dado que a matriz é obtida por julgamentos pessoais. O RC é dado por:

$$RC = \left(\frac{CI}{RI} \right) \cdot 100$$

onde RI é a razão de inconsistência aleatória obtido para uma matriz recíproca de ordem n :

Quadro 5: Índice de inconsistência aleatória

Dimensão da matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inconsistência aleatória	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Costa, 2002

O Índice de Consistência (*IC*) é dado por :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1)}$$

onde λ_{\max} é o maior autovalor da matriz de julgamentos, calculado com base no seguinte procedimento:

- Para cada linha da matriz de comparação determinar a soma ponderada, com base na soma do produto de cada valor da mesma pelo peso do indicador correspondente;
- Depois os resultados obtidos deverão ser divididos pelos pesos do indicador da respectiva linha matriz;
- Fazendo uma média dos resultados de cada linha, obteremos λ_{\max} .

Os dados são considerados consistentes se $RC \leq 0,10$ mas segundo Saaty, 1980 e Karlsson, 1998 citados por OCDE (2008), até 0,20 é considerado como não afetar drasticamente os pesos.

3.2.5 Cálculo do índice de sustentabilidade

Tendo os pesos de cada indicador, foi calculado o índice por cada dimensão com base no método aritmético, que é o mais usado para agregar sub índices de vários índices (JUWANA et al. 2012), usando a seguinte fórmula:

$$IS = p_1 I_1 + p_2 I_2 + \dots + p_n I_n \quad (3)$$

Onde: p_n = peso de cada indicador e I_n = valor do indicador.

O Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) foi obtido por meio da soma ponderada dos indicadores ambientais, isto é, calculado por meio do somatório dos valores dos indicadores multiplicados pelos respectivos pesos.

O Índice de Sustentabilidade Social (ISS) foi obtido por meio da soma ponderada dos indicadores sociais, isto é, calculado por meio do somatório dos valores dos indicadores multiplicados pelos respectivos pesos.

O Índice de Sustentabilidade Econômico (ISE) foi obtido por meio da soma ponderada dos indicadores econômicos, isto é, calculado por meio do somatório dos valores dos indicadores multiplicados pelos respectivos pesos.

O Índice de Sustentabilidade do Perímetro Irrigado de Betume (ISPB) foi determinado com base na média aritmética dos três índices (ambiental, social e econômico).

$$ISPB = \frac{(IA + IS + IE)}{3} \quad (4)$$

Para a sua classificação, optou-se em considerar o intervalo de 0-10 dividido em cinco (5) partes iguais, representando cinco (5) categorias (Quadro 6), também usada por Mello (2008); Carneiro Neto et al. (2008); Andrade et al. (2009)

Quadro 6. Classificação do índice de sustentabilidade

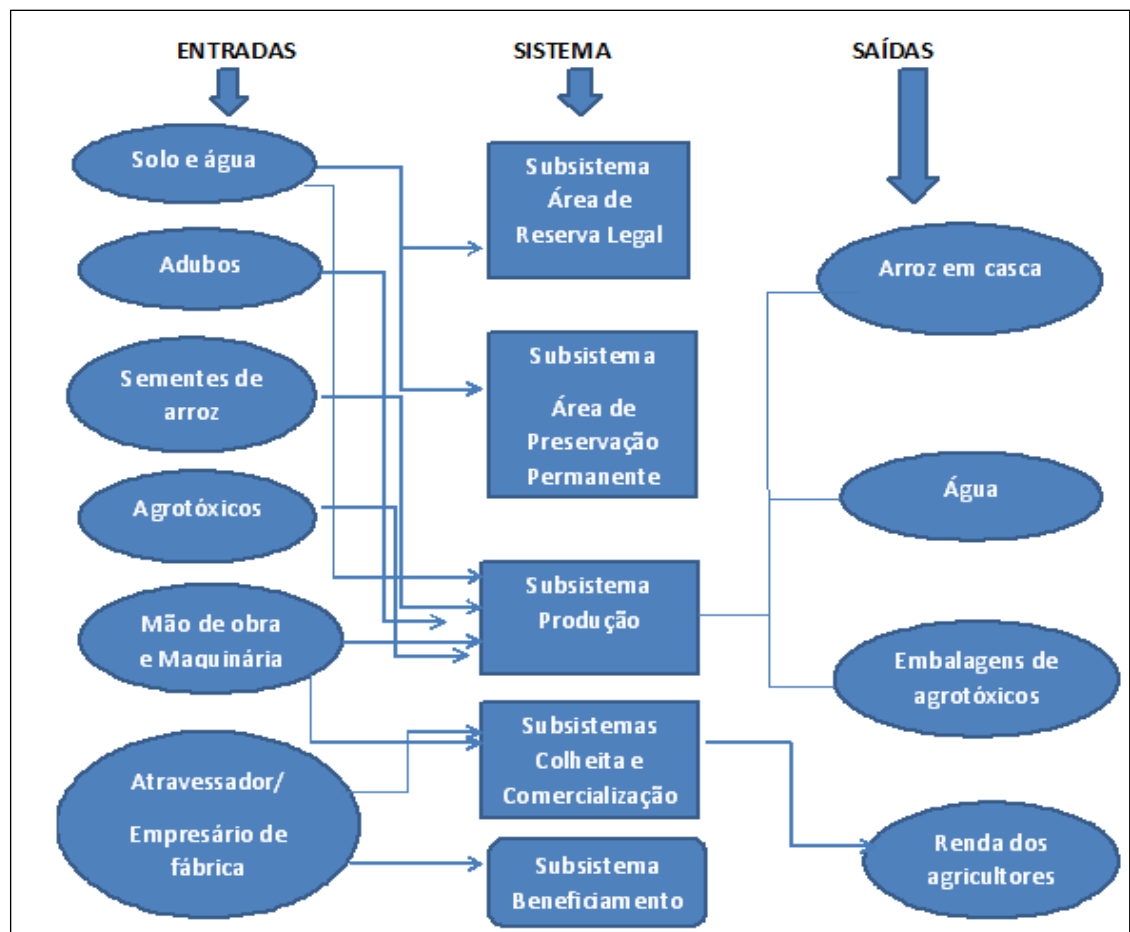
Classificação	Intervalo
Seramente insustentável	ISP < 2,0
Insustentável	2,0 < ISP < 4,0
Sustentabilidade comprometida	4,0 < ISP < 6,0
Sustentabilidade ameaçada	6,0 < ISP < 8,0
Sustentável	ISP > 8,0

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do sistema da orizicultura no Perímetro Irrigado do Betume

A orizicultura é a principal atividade no Perímetro Irrigado do Betume (98,16%), pois as demais atividades como Piscicultura (0,28%) e Pecuária (0,42%) são pouco expressivas (FAMA, 2009). Por essa razão, a seleção dos indicadores para o presente trabalho baseou-se no sistema da orizicultura, atividade que assegura a subsistência dos agricultores do Betume. O diagrama de fluxos apresentado na Figura 4 é uma demonstração das entradas e saídas bem como da interação entre elementos do sistema da orizicultura, pois, segundo Espinosa et al., (2008), o sistema é definido como um complexo dinâmico onde os elementos interagem entre si e com o meio ambiente, tornando o sistema funcional. Portanto, o sistema envolve a integração de vários elementos interdependentes e que não podem ser analisados de forma isolada.

Figura 4: Fluxograma de entradas, saídas e interação entre os elementos dentro do sistema produtivo da orizicultura no Betume



O sistema orizicultura do Betume tem como entradas sementes, adubos, agrotóxicos, solo, água, mão de obra, equipamentos, atravessadores como elementos fundamentais para que haja produção de arroz. A semente é fornecida pelo governo estadual e é proveniente de Santa Catarina, enquanto os adubos e agrotóxicos são adquiridos no mercado local pelos próprios irrigantes. A maquinária e a mão de obra também fazem parte das entradas do sistema orizicultura como elementos operacionais. Já os atravessadores e /ou empresários de fábrica, fazem parte da entrada, mais especificamente no subsistema colheita e comercialização.

O ciclo da cultura do arroz no Betume é de quatro meses, com plantio em Agosto e colheita em Dezembro. Dado que o plantio é intercalado devido a insuficiência de equipamentos, alguns lotes começam o plantio mais tarde em relação aos outros, fazendo com que o ciclo da cultura se estenda até Março. De acordo com Zamberlan e Sonaglio (2011), o arroz irrigado no Brasil tem sido plantado no mês de Outubro, podendo variar de Setembro a Dezembro, e a irrigação da lavoura ocorre geralmente de Novembro a Janeiro. O período da colheita tem sido de Março a Maio. Portanto, os meses de começo e fim do ciclo podem variar de região para região mas respeitando sempre o calendário agrícola.

A irrigação do arroz no Betume é por inundação, e iniciada uns 3-8 dias após a semeadura, conforme o desenvolvimento da planta. Aos poucos vai se retirando a água para controlar as ervas daninha, em seguida volta-se com a água e vai completando, mantendo uma lâmina de água em torno de 10-15 cm até 15 dias antes da colheita, para facilitar a mesma. Por isso, a água é considerada como um elemento que faz parte tanto das entradas assim como das saídas do sistema.

Os agrotóxicos são usados para o controle de pragas e doenças da cultura do arroz e são aplicados pelo próprio produtor ou mão de obra contratada. O mesmo foi constatado por Rabelo et al. (2013) na caracterização da orizicultura do Baixo São Francisco, que acrescentam o fato de que os critérios técnicos para aplicação do agrotóxicos são pouco usados pelos produtores, não respeitando muitas vezes o momento certo para a aplicação de fungicidas e inseticidas. Portanto, as embalagens de agrotóxicos são consideradas como uma das saídas do sistema.

Como saída principal do sistema orizicultura, temos o arroz em casca (Figura 4) que é comercializado na forma bruta no subsistema comercialização, por meio de um processo de interação entre o irrigante e o atravessador ou empresário de fábrica. O arroz no Betume é

comercializado em casca, e é processado nas indústrias de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Propriá. O atravessador compra o arroz bruto, ele colhe a safra, leva para a indústria onde é seco e processado. Geralmente, os produtores que comercializam via atravessadores são os que recebem financiamento bancário (Banco do Brasil). Já os que não recebem financiamento bancário, são financiados por empresários de fábrica que financiam a produção desde a preparação do solo até a colheita.

Neste caso, o agricultor não faz o acompanhamento do processo de beneficiamento do arroz, limitam-se em receber o relatório final elaborado pela beneficiadora já com o preço estabelecido. Isto deve-se ao fato de não existir uma indústria de beneficiamento local que possibilitaria os irrigantes a acompanharem o beneficiamento do arroz e posterior determinação de preços do arroz processado. Portanto, o arroz depois de beneficiado entra no mercado consumidor, que inclui os próprios irrigantes pois eles adquirem o arroz processado nos mercados locais.

4.2 Indicadores selecionados para o Perímetro Irrigado do Betume

Foram selecionados 20 indicadores, agrupados nas três dimensões abordadas no estudo, sendo sete (7) indicadores ambientais, seis (6) sociais e sete (7) econômicos, como pode se observar no Quadro 7. A seleção foi baseada na disponibilidade, simplicidade, mensurabilidade e relevância para o Perímetro Irrigado do Betume. Destaca-se que a legislação vigente foi a base para a definição de fortalezas e debilidades de cada indicador (Quadro 7).

Quadro 7. Indicadores selecionados para a avaliação de sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Betume nas três dimensões estudadas, suas fortalezas, debilidades e critérios de definição de fortalezas.

Dimensão	Indicadores	Fortalezas e debilidades	Crítérios para definição de fortalezas
Ambiental	Qualidade da água (IQA)	10 = $80 \leq IQA \leq 100$ 8 = $52 \leq IQA < 80$ 6 = $37 \leq IQA < 52$ 4 = $20 \leq IQA < 37$ 2 = $0 \leq IQA < 20$	CETESB (2013)
	Análise de solo	100% = Faz análise de solo 0% = Não faz análise de solo	Lei Federal (8.171/91)
	Uso de Equipamento de Proteção Individual no	100% = Usa 0% = Não usa	Decreto nº4074/2002

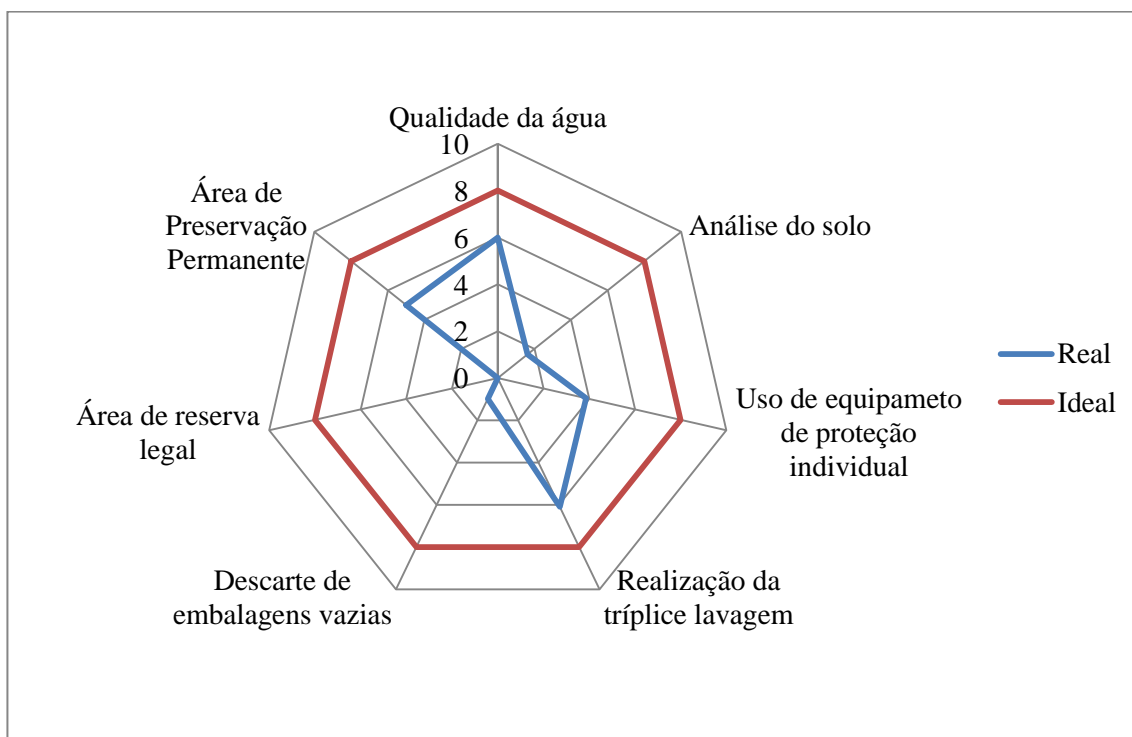
	manuseio de agro-tóxicos		
	Realização da tríplex lavagem de embalagens de agrotóxicos	100% = Realiza 0% = Não realiza	Lei Federal (7.802/89)
	Descarte de embalagens vazias de agro-tóxicos	100% = Retorna às lojas 0% = Não retorna	Lei Federal (7.802/89)
	Áreas de Reserva Legal	100% = Averbada 0% = Não averbada	Código Florestal (1965) ² (Lei n.º 4.771/1965)
	Área de Preservação Permanente	100% = Preservada 50% = Em recuperação 0% = Totalmente degradada	Código Florestal (1965) (Lei n.º 4.771/1965)
Social	Nível educacional	100% = Nível médio completo 50% = Fundamental completo 0% = Analfabeto	Lei Federal (9.394/96)
	Habitação	100% = Casa própria 0% = Não	Constituição Federal (Brasil, 1988);
	Abastecimento de água	100% = Com tratamento 0% = Sem tratamento	Lei Federal (11.445/07)
	Destino de dejectos	100% = Fossa séptica 0% = Céu aberto	Lei Federal (11.445/07)
	Participação em organizações	100% = Participa 0% = Não participa	Lei Federal (11.326/06); Lei Federal (8.171/91)
	Participação em cursos de capacitação	100% = Participa 0% = Não participa	Lei Federal (11.326/06)
Económica	Produtividade/há	100% = Maior ou igual produtividade média do Estado de Sergipe	Lei Federal (8.171/91)
	Comercialização	100% = Indústrias de beneficiamento 75% = Empresário de fábrica 50% = Empresário e atravessador 25% = Atravessador	Lei Federal (8.171/91)
	Situação perante agente financeiro	100% = Adimplente 0% = Inadimplente	Lei Federal (8.171/91)
	Renda obtida no lote	100% = Maior ou igual a 1 salário 0% = Menos de 1 salário	Constituição Federal (Brasil, 1988)
	Outras fontes de renda	100% = Maior ou igual a 1 sal. 0% = Menos de 1 salário	Constituição Federal (Brasil, 1988)
	Renda total	100% = Mais de 1 salário 0% = Menos de 1 salário	Lei Federal (11.326/06) Constituição Federal (Brasil, 1988)
	Mão-de-obra	100% = Familiar 50% = Familiar e Contratada 25% = Contratada	Lei Federal (11.326/06)

² Apesar de ter sido revogada e substituída pela Lei Nº 12.651, a Lei Nº 4.771 de 1965a está sendo considerada devido ao período de estudo considerado no trabalho (2009-2014).

4.2.1 Dimensão Ambiental

A dimensão ambiental foi caracterizada por sete indicadores (Figura 5), o Qualidade da água (6,00), Análise do solo (1,61), Uso de Equipamento de Proteção Individual (3,87), Realização de tríplice lavagem (6,09), Descarte de embalagens vazias (0,98), Área de Reserva Legal (0) e Área de Preservação Permanente (5).

Figura 5: Desempenho dos indicadores da dimensão ambiental no Perímetro Irrigado do Betume



A “Qualidade da água” referente às características físicas, químicas e biológicas da água foi determinada através do IQA do Betume, que foi de 47,5. Com base na classificação da CETESB (2013), o IQA encontrou-se no intervalo aceitável ($37 \leq \text{IQA} < 52$), pois teve a nota 6, de acordo com a Quadro 2 (Página 37). A qualidade da água obteve um desempenho intermediário (6), o que significa que são necessárias ações para o seu melhoramento no perímetro.

Embora não se tenha analisado a quantidade de resíduos de agrotóxicos no presente estudo, estes podem ter contribuído para que o IQA encontrado não estivesse num intervalo ótimo. O valor da qualidade da água encontrado por Pereira e Martins (2010), fazendo a média das características físicas, químicas e biológicas da água de irrigação, foi de 8,3, em produção de arroz orgânico, e é um valor que pode ser considerado ótimo. Os autores citados

analisaram a quantidade de resíduos de agrotóxicos e este indicador teve o desempenho 10, o que significa que não existem resíduos de agrotóxicos na água, o que supostamente não se verifica no Betume.

A maioria dos agricultores não faz a “Análise de solo” (79,04%) e por isso este indicador apresentou nota baixa de 1,61. Considerando que a análise de solo é uma ferramenta que indica a disponibilidade e necessidade de nutrientes no solo, é importante que todos os agricultores fizessem pois a Lei Federal 8.171/91 (BRASIL,1991), tem como um dos objetivos proteger o meio ambiente, garantir o seu uso racional e estimular a recuperação dos recursos naturais.

O indicador “Uso de Equipamento de Proteção Individual” no manuseio de agrotóxicos refere-se o todo vestuário, material ou equipamento para a proteção da pessoa envolvida na produção, manipulação e uso de agrotóxicos, seus componentes e afins, que constitui obrigatoriedade com base no Decreto nº 4074/2002 (BRASIL,2002). Nesse caso, não foi cumprida na totalidade a obrigatoriedade da lei pois apenas 38,7 % dos agricultores afirmaram que fazem o uso do EPI, fazendo com que este indicador obtivesse nota baixa, 3,87.

Portanto, a falta de realização de análises de solo assim como o não uso de equipamentos de proteção individual pode ser justificado pela deficiência da assistência técnica pois o número de técnicos é muito reduzido, dado que existe no Betume dois técnicos para dar assistência a 753 lotes.

Os irrigantes do Betume percebem a falta de uma assistência técnica adequada pois quando questionados sobre a importância da equipe da ATER, a maioria dos irrigantes (67,99 %) afirmou que é fundamental que o contrato com a ATER seja ininterrupto. Contudo, a ATER é uma das ações fundamentais para o cumprimento dos objetivos da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.

Ainda no manuseio de agrotóxicos, o indicador “Realização da tríplice lavagem” de embalagens de agrotóxicos obteve um desempenho mais satisfatório (6,09), pois a maioria dos agricultores (60,9%) faz lavagem de embalagens que contiverem formulações miscíveis ou dispersíveis em água como sugerido pela Lei Federal 7.802/89 (BRASIL,1989). De acordo com referida lei, as embalagens vazias deverão ser submetidas pelo usuário à operação de tríplice lavagem, ou tecnologia equivalente.

O “Descarte de embalagens vazias de agrotóxicos” obteve um desempenho muito baixo (0,98), pois apenas 9,8 % dos agricultores cumprem como o exigido pela Lei Federal 7.802/89 (BRASIL,1989). Esta lei determina que os usuários de agrotóxicos, seus componentes e afins deverão efetuar a devolução das embalagens vazias dos produtos aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos. A falta de apoio e facilidades por parte da ATER para a recolha e destinação das embalagens de agrotóxicos pode estar associado ao descarte inadequado feito pelos irrigantes, pois, 36,40 % dos irrigantes jogam as embalagens nos próprios lotes.

Partindo do princípio que a Lei nº 4.771 / 65 (BRASIL, 1965) estabelece a obrigatoriedade de averbação de uma “Área de Reserva Legal”, constatou-se que o perímetro está fora dos padrões exigidos pela lei no período em estudo. Segundo o setor de Meio Ambiente da CODEVASF, o Perímetro Irrigado do Betume não teve a sua área de Reserva Legal Averbada até o ano de 2014, devido a um complexo processo de regularização fundiária em que ele se encontrava, inviabilizando a averbação da reserva à margem da matrícula do imóvel.

Deste modo, o indicador Reserva legal teve o desempenho zero (0). Importa ressaltar que o procedimento de averbação da reserva legal foi substituído na Lei 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção sobre a vegetação pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR) que encontra-se em tramitação pela CODEVASF.

A “Área de Preservação Permanente” é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, que dentre outras funções, visa preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, Lei n.^o4.771/1965 (BRASIL,1965). É determinada pela faixa marginal de vegetação existente no entorno do curso de água, onde a largura da faixa depende da largura do curso de água³.

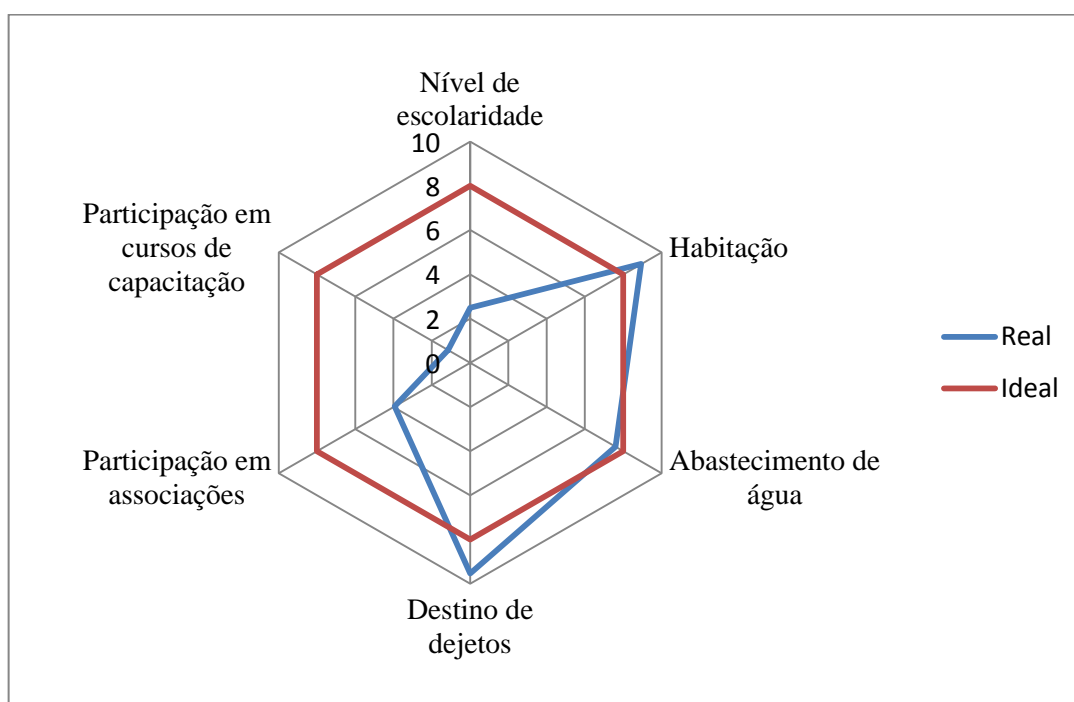
Tendo em conta que o projeto Águas de São Francisco está realizando atividades de recuperação da Mata Ciliar do perímetro, com início em Agosto de 2013 e com previsão de término para Novembro de 2015, o indicador “Área de Preservação Permanente” obteve a nota intermediária cinco (5), visto que o processo de recuperação está em andamento, já com 7474 mudas plantas até abril de 2015.

³ A faixa de vegetação da largura dos rios foi alterada recentemente pela Lei 12.651 de 25 de Maio de 2012.

4.2.2 Dimensão Social

A dimensão social é caracterizada por 6 indicadores (Figura 6): Nível de escolaridade (2,48), Habitação (8,94), Abastecimento de água (7,61), Destino de dejetos (9,54), Participação em organizações/associações (5,21) e Participação em cursos de capacitação (1,15)

Figura 6: Desempenho dos indicadores da dimensão social no Perímetro Irrigado do Betume



O indicador “Nível de escolaridade” que caracteriza o grau acadêmico dos agricultores, apresentou um valor muito baixo (2,48), porque a maioria dos agricultores (57,29%) possuem ensino fundamental incompleto, e apenas 24,8 % possuem no mínimo ensino fundamental completo. Este fato é contestado pela Lei Federal 9.394/96 (BRASIL,1996) de Educação Nacional, que garante o acesso público e gratuito aos ensinos fundamental e médio a todos que não concluíram na idade própria.

Já o indicador “Habitação” referente a posse ou não de residência própria teve um bom desempenho (8,9), pois a maioria dos agricultores do Betume possui casa própria (89,35%), como um direito previsto no artigo 6 da Constituição Federal (BRASIL,1988). Apenas 0,56% dos agricultores tem residência alugada e os demais residem no próprio lote. A posse de

residência própria significa melhoria as condições de vida dos agricultores do Betume e contribui de forma positiva para a sustentabilidade social do perímetro do Betume.

Os indicadores “Abastecimento de água” (7,61) e “Destino de dejetos” (9,54), referentes ao acesso a serviços públicos de saneamento básico também obtiveram um bom desempenho pois 76,01% dos agricultores tem acesso de água tratada e 95,4% tem o destino de dejetos em fossa séptica. Portanto, estes indicadores verificaram o direito de acesso a serviços públicos de saneamento básico garantidos pela Política Nacional de Saneamento Básico, Lei Federal 11.445/07 (BRASIL, 2007).

Um indicador que apresentou um desempenho intermediário foi a “Participação em organizações/associações” (5,21), enquanto o indicador “ Participação em cursos de capacitação” teve o desempenho mais baixo da dimensão social (1,15).

Ambos indicadores são referentes ao nível organizacional e previstos na Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais, Lei Federal 11.326/06 (BRASIL, 2006), que contempla o direito a participação em cooperativas e associações bem como a capacitação dos agricultores rurais. Com isso, o desempenho do indicador “ Participação em cursos de capacitação contradizem ao previsto na presente lei.

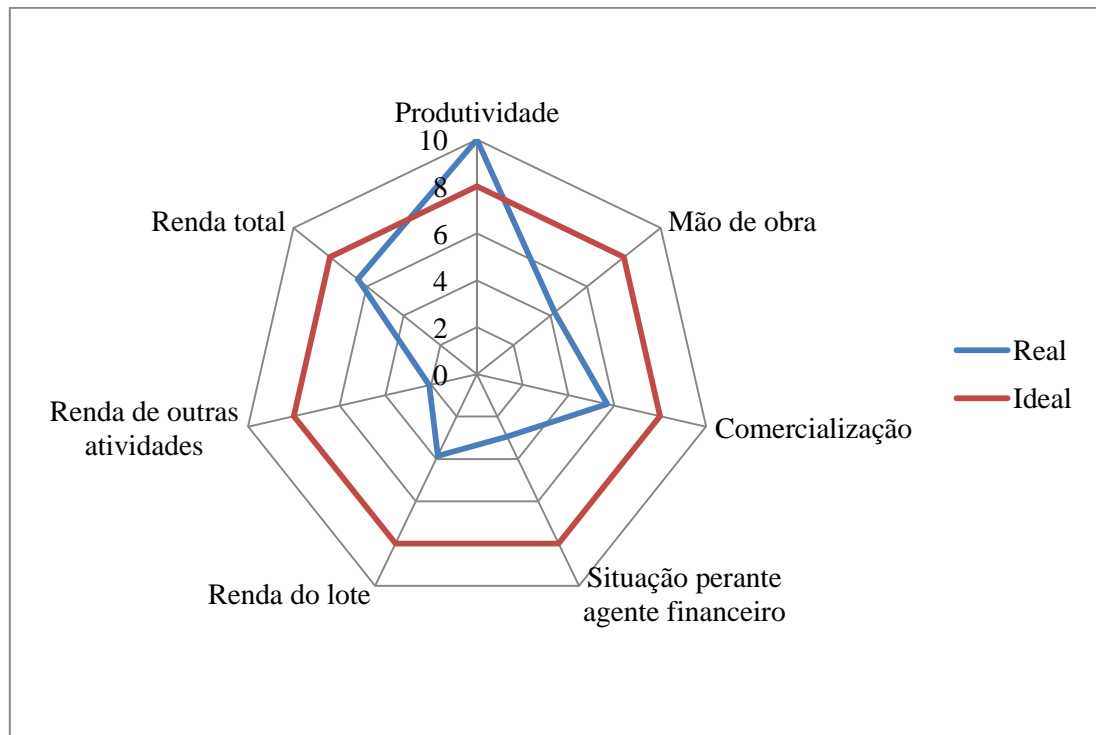
Segundo Paes (2006), uma associação visa unir as pessoas em torno de seus interesses, permitindo a busca de meios para valorizar e escoar seus produtos através do acesso a um mercado justo e solidário, como forma de aumentar a geração de emprego e renda para a comunidade e garantir a sua sustentabilidade.

Deste modo, a capacitação dos agricultores bem como a participação em associações é fundamental para o bom desempenho do perímetro pois este indicador pode potencializar o agricultor na inserção no mercado, na aquisição de conhecimentos e novas tecnologias de produção, na organização assistência técnica, comercialização e demais ações que possam contribuir para o desenvolvimento do perímetro.

4.2.3 Dimensão econômica

A dimensão econômica é caracterizada por 7 indicadores (Figura 7), Produtividade (10,0), Mão de obra (4,23), Comercialização (5,69), Situação perante agente financeiro (2,94), Renda do lote (3,85), Renda de outras atividades (2,08) e Renda total (6,48).

Figura 7: Desempenho dos indicadores da dimensão econômica no Perímetro Irrigado do Betume



A “Produtividade” média do perímetro, no período em estudo, é de 7,29 ton/há. Tal produtividade encontra-se acima da produtividade média estadual no mesmo período (5,6 ton/ha), fato que levou este indicador a obter o desempenho máximo de 10 pontos. Portanto, a produtividade foi o indicador que obteve a nota máxima não só na dimensão econômica mas em todas dimensões estudadas, pois a produção no perímetro do Betume supera a média estadual.

Este cenário está em concordância com a Lei Federal 8.171/91 (BRASIL, 1991) que direciona ao Estado a função de assegurar o incremento da produção e da produtividade agrícolas, a regularidade do abastecimento interno, especialmente alimentar, e a redução das disparidades regionais.

Quanto a “Mão de obra”, indicador que caracteriza a proveniência da força de trabalho que apoia na exploração do lote, obteve a nota de desempenho baixo de 4,23, correspondente a mão de obra familiar. A Lei Federal 11.326/06 (BRASIL, 2006), considera agricultor rural aquele que utilize predominantemente mão de obra familiar nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento.

O desempenho do indicador “Mão de obra” aponta para a necessidade de mais envolvimento da família na exploração dos lote, pois deste modo poderá se reduzir a necessidade de contratação de mão de obra, o que acarreta mais custos.

A “Comercialização” apresentou um desempenho intermediário (5,69) visto que os agricultores do Betume dependem dos atravessadores e dos empresários de fábricas para comercializarem a sua produção. A Lei Federal 8.171/91 (BRASIL, 1991) prevê que a assistência técnica e extensão rural deverão viabilizar dentre vários processos, a comercialização, mas tal fato não se verifica no Betume pois a negociação dos preços é feito entre o agricultor e o atravessador ou empresário. A assistência técnica e extensão rural no betume não interferem no processo de comercialização.

O número de empresários além de estar reduzido é pouco confiável, devido à falta de compromissos com os agricultores. Isto faz com que alguns produtores comercializam via atravessadores que muitas vezes não cumprem com os prazos de pagamento, deixando a maior parte dos agricultores em situação de inadimplência.

Esta realidade se reflete no indicador “Situação perante agente financeiro” que obteve um desempenho muito baixo, 2,94. Portanto, a viabilidade do processo de comercialização influencia a situação do agricultor perante o agente financeiro, pois quanto mais inviável for a comercialização, mais endividado o agricultor ficará.

A “Renda obtida no lote” teve um desempenho muito baixo (3,85), que contraria a Constituição Federal (1988), que fixou em lei o direito á salário mínimo tanto aos trabalhadores urbanos e rurais, de modo a atender a suas necessidades vitais básicas e às de sua família com moradia, alimentação, educação, saúde, lazer, vestuário, higiene, transporte e previdência social, com reajustes periódicos que lhe preservem o poder aquisitivo, sendo vedada sua vinculação para qualquer fim (BRASIL, 1988).

Assim, o estudo considerou que a renda mensal obtida no lote deve ser de pelo menos um (1) salário mínimo, no entanto, constatou-se que a maioria dos agricultores (55,52%) ganha abaixo de 1 salário mínimo por mês.

A Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais, Lei Federal 11.326/06 (BRASIL, 2006) prevê que o agricultor rural tenha um percentual mínimo de renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento. Tendo em conta que os produtores no Betume trabalham apenas 6 meses do

ano por dependerem só da cultura do arroz, o estudo considerou a renda obtida em outras atividades que garantem a sobrevivência dos agricultores no período em que não estão produzindo arroz. Assim, o indicador “Renda de outras atividades” que apresentou o desempenho também muito baixo (2,08), também foi avaliado com base no previsto pela Constituição Federal (1988), o direito de um salário mínimo.

Do mesmo modo foi avaliada a “Renda total” que seria o somatório da renda proveniente da atividade principal e a renda proveniente de outras atividades, tendo obtido o desempenho de 6,48, o que significa que mais da metade dos agricultores que tem uma segunda atividade conseguem aumentar a sua renda para mais de um (1) salário. O mesmo não acontece com os agricultores que dependem exclusivamente da orizicultura, e por isso, são necessárias ações que visem o aumento renda obtida no lote.

4.3 Índice de sustentabilidade do perímetro nas três dimensões

Os índices de sustentabilidade calculados com base na equação 3 (Página 39), considerando a nota e peso de cada indicador foram de 3,81; 5,83 e 6,09, para as dimensões ambiental, social e econômica, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Índices de sustentabilidade das três dimensões para Perímetro Irrigado do Betume

Indicador	Indicador (Nota)	Peso	IS = I*P
Qualidade da água	6	0,34	2,02
Análise do solo	1,615	0,17	0,27
Uso de equipameto de proteção individual	3,867	0,04	0,17
Realização da tríplice lavagem	6,091	0,03	0,17
Descarte de embalagens vazias	0,977	0,05	0,05
Área de reserva legal	0	0,15	0,00
Área de Preservação Permanente	5	0,23	1,13
Índice de Sustentabilidade Ambiental			3,81

Indicador	Indicador (Nota)	Peso	IS = I*P
Nível de escolaridade	2,48	0,34	0,84
Habitação	8,94	0,30	2,68
Abastecimento de água	7,60	0,14	1,08
Destino de dejetos	9,54	0,08	0,79
Participação em organizações	5,21	0,07	0,37
Participação em cursos de capacitação	1,15	0,07	0,08
Índice de Sustentabilidade Social			5,83

Indicador	Indicador (Nota)	Peso	IS= I*P
Produtividade	10	0,30	3,03
Mão de obra	4,234	0,22	0,92
Comercialização	5,691	0,13	0,73
Situação perante agente financeiro	2,946	0,05	0,16
Renda do lote	3,852	0,15	0,57
Renda de outras atividades	2,082	0,06	0,13
Renda total	6,487	0,08	0,54
Índice de Sustentabilidade Econômica			6,09

A dimensão ambiental apresentou o índice mais baixo entre as dimensões analisadas. O indicador que contribuiu em grande parte para a baixa sustentabilidade ambiental no perímetro foi o relacionado ao mecanismo legal da proteção da vegetação nativa, a “Área de Reserva Legal” (0), pois tem um desempenho nulo mas com peso 0,15, que é significativo no cálculo do índice.

Com a revogação da Lei nº 4.771 / 65 (BRASIL, 1965) e com a tramitação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) que encontra-se em andamento, o desempenho do indicador

“Reserva Legal” poderá melhorar nos próximos estudos, bem como o desempenho do indicador Área de Preservação Permanente, devido as ações de reflorestamento e recuperação de mata ciliar que estão decorrendo no perímetro.

Outro indicador que contribuiu significativamente para o baixo índice da dimensão ambiental foi o relacionado ao manuseio de agrotóxicos, o “Descarte de embalagens vazias de agrotóxicos” (0,9). O mesmo problema de descarte inadequado de embalagens de agrotóxicos já foi identificado por Silva e Lopes (2003), durante a caracterização ambiental do perímetro do Betume, o que significa que não houve melhoria nesse aspecto.

Os indicadores Análise do solo e uso de equipamento de proteção individual também influenciaram negativamente o índice da dimensão ambiental por terem apresentado desempenhos muito baixos.

Comparando o índice da dimensão ambiental com os resultados de Pereira e Martins (2010) e Matos filho (2004) que analisaram a sustentabilidade em agroecossistemas de arroz orgânico com índices 8,7 e 7,7, respectivamente, percebe-se o quanto o índice ambiental encontrado no presente trabalho está muito baixo do ideal.

A diferença dos índices pode estar associada por um lado ao fato dos autores Pereira e Martins (2010) e Matos Filho (2004) não terem analisado o indicador “Reserva Legal”, que contribuiu fortemente para o baixo índice da dimensão ambiental do perímetro. Por outro lado, a diferença dos índices pode ser explicada pelo fato dos autores acima citados terem analisado um sistema de arroz orgânico, enquanto neste trabalho o sistema analisado usa agrotóxicos que são descartados de forma inadequada (Figura 8).

O uso de agrotóxicos, dentre várias consequências contribui para a poluição dos rios, e o seu descarte inadequado pode afetar não só o ambiente como também saúde da população. Soares (2010) no estudo sobre uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente ressalta que as políticas públicas devem regular o uso de substâncias nocivas ao ambiente e a saúde humana para evitar a intensificação do seu uso e os efeitos por elas causadas.

Tal como a Lei 7.802/89 (Sergipe, 1989), o art.13. da lei estadual também obrigam os usuários de agrotóxicos e afins devem efetuar a devolução das embalagens vazias e respectivas tampas aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos, observadas as instruções constantes dos rótulos e das bulas, no prazo de até um ano, contado da data de sua compra. A lei também possibilita ao usuário que faça a devolução de embalagens vazias a

qualquer posto de recebimento ou centro de recolhimento licenciado por órgão ambiental competente e credenciado por estabelecimento comercial.

Figura 8: Descarte de embalagens vazias de agrotóxicos no Perímetro Irrigado do Betume



Fonte: Pesquisa, 2014.

A dimensão social apresentou um índice intermediário (5,83), que se encontra acima do índice da dimensão ambiental e abaixo do índice da dimensão econômica. O indicador “Habitação” que é um dos mais importantes da dimensão social (peso 0,30), teve um desempenho alto (8,94) que contribuiu para a elevação do índice. Já o nível de escolaridade que é o indicador que obteve maior peso (0,34), teve um baixo desempenho (2,48), o que contribuiu para que o índice desta dimensão não estivesse acima do encontrado.

Outro indicador que contribuiu para que o índice da dimensão social não fosse maior ainda, foi a “Participação em cursos de capacitação”. Pereira e Martins (2010) tiveram um índice da dimensão social baixo (4,5) e afirmam que a falta de capacitação e assistência técnica podem ter contribuído para o baixo desempenho do índice da dimensão social, tal como foi constatado neste trabalho, não só para a dimensão social como também para a dimensão ambiental.

A dimensão econômica foi a que apresentou maior índice de sustentabilidade nas dimensões estudadas (6,09), e o seu índice encontra-se no mesmo intervalo que índice

encontrado por Pereira e Martins (2010), com o valor 6,36. Importa ressaltar que o indicador que mais contribuiu para elevar o índice da dimensão econômica no Betume foi a “Produtividade”, que obteve a nota 10 e o maior peso (0,30).

A alta produtividade encontrada no Betume pode ser explicada pelo uso de agrotóxicos que facilmente controla pragas e doenças, pois, o mesmo desempenho da produtividade não se verificou em sistemas orgânicos, tais como os analisados por Pereira e Martins (2010) com 5,99 de produtividade e Matos filho (2004), com 7,5. Portanto, o uso de agrotóxicos por um lado contribui para o aumento da produtividade mas por outro lado têm consequências drásticas sobre o meio ambiente e à saúde humana, como citado anteriormente.

As deficiências no desempenho dos indicadores “Situação perante agente financeiro” (2,9) e na “Renda obtida no lote” (3,8) do Betume contradizem com o desempenho da “Produtividade” (10) encontrado no perímetro, visto que o perímetro apresenta níveis de produtividade maiores que a média estadual e nacional e, por isso, era suposto que a renda dos irrigantes também fosse maior. No entanto, essa contradição pode ser explicada pelo desempenho do indicador “Comercialização” (5,6) que é caracterizado por vários problemas relacionados a falta de uma indústria de beneficiamento local.

No passado existia uma Unidade de Beneficiamento de Arroz no Betume (Figura 9) que segundo os agricultores e técnicos, a última tentativa de funcionamento foi em 2009. Rabelo *et al.* (2013) afirma que a unidade apoiava os irrigantes com a criação de cooperativa, aquisição de máquinas e implementos agrícolas, com capacitações e outras ações da CODEVASF, que criavam um ambiente de trabalho muito bom para os produtores, mas, atualmente, os produtores tem problemas desde a implantação da safra, na infraestrutura do Perímetro e problemas financeiros. Portanto, a deficiência na rede de comercialização no perímetro do Betume influencia negativamente na obtenção da renda dos irrigantes, embora a produtividade seja alta.

Figura 9: Unidade de Beneficiamento do Arroz atualmente abandonada no Perímetro Irrigado do Betume

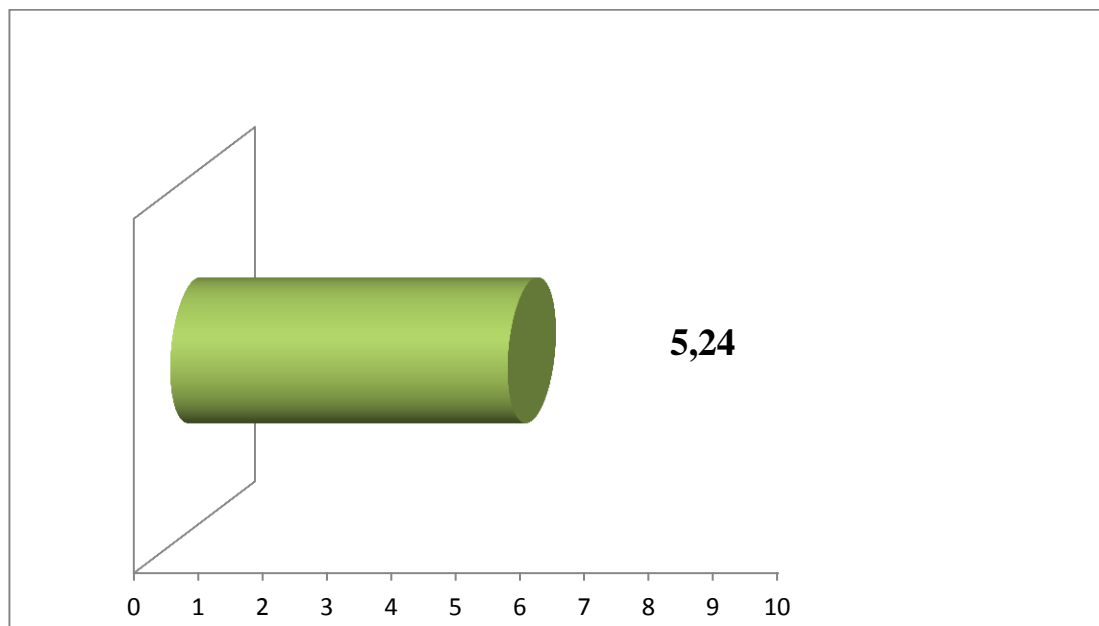


Fonte: Pesquisa, (2014).

4.4 Índice geral de Sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Betume

O índice de sustentabilidade para o Perímetro Irrigado do Betume foi de 5,24 (Figura 11), calculado com base na média aritmética dos índices das dimensões ambiental, social e econômica (equação 4, página 40):

Figura 10: Índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Betume



De acordo com o Quadro 6 (Página 40) da classificação do índice de sustentabilidade, o Índice de Sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Betume no período 2009-2014 encontra-se no intervalo ($4,0 < \text{ISP} < 6,0$), representando uma condição de sustentabilidade comprometida.

Resultados semelhantes foram observados nas unidades produtivas do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú (5,38) por Lopes *et al.* (2009) e do Perímetro Irrigado Ayres de Sousa (5,2) por Carneiro Neto *et al.* (2008). Resultados diferentes foram encontrados por Matos Filho (2004), na avaliação do nível de sustentabilidade das unidades de produção praticantes de agricultura orgânica em Florianópolis (6,7) e por Pereira e Martins (2010) na análise de indicadores de sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá (6,54), os referidos valores apontam para uma sustentabilidade ameaçada ($6,0 < \text{ISP} < 8,0$).

Com isso, não se pode afirmar que os dois últimos resultados tenham sido melhores que os encontrados neste trabalho e os encontrados por Lopes *et al.* (2009) e Neto *et al.* (2008), pois, embora os autores Lopes *et al.* (2009) e Neto *et al.* (2008) tenham usado um método diferente do MESMIS para o cálculo do índice, o método por eles usado (Método da análise fatorial/análise de componentes principais) também considera pesos diferentes para cada indicador, como foi feito no presente trabalho.

Já Matos Filho (2004) e Pereira e Martins (2010), que encontram resultados diferentes, embora tenham usado o MESMIS, não consideraram a atribuição de pesos diferentes aos indicadores, determinaram o índice a partir da média geral dos indicadores. Isso pode ter contribuído para que os valores por eles encontrados estivessem um pouco acima dos outros.

Portanto, de uma forma geral, pode se constatar que esses resultados apontam que a agricultura familiar se encontra com uma sustentabilidade comprometida, seja na agricultura irrigada convencional assim como na agricultura irrigada orgânica. Em seguida é apresentada a síntese dos índices encontrados por outros autores (Tabela 8) e que serviram como base para a discussão.

Quadro 8: Índices de sustentabilidade encontrados por outros autores em outras áreas irrigadas

Título	Método	Índice	Autore (s)
Indicadores de sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá (SC)	MESMIS	6,5	Pereira e Martins (2010)
Proposta de um índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará	Análise fatorial/análise de componentes principais	5,38	Lopes et al (2009)
Índice de sustentabilidade agro-ambiental para o Perímetro Irrigado Ayres de Souza	Análise fatorial/análise de componentes principais	5,2	Carneiro Neto et al. (2008)
Agricultura orgânica sob a perspectiva da sustentabilidade (SC)	MESMIS	6,7	Matos-Filho (2004)

Contudo, analisar a sustentabilidade do perímetro com base no enfoque sistêmico é de extrema importância, para a percepção de que os indicadores relacionam-se entre si, bem como são interdependentes entre eles. Assim, melhorando por exemplo o indicador “Nível de Escolaridade” da dimensão social, isso pode permitir com que os agricultores aumentem a capacidade de percepção sobre a importância da conservação do meio ambiente e com isso melhorar o desempenho não só da dimensão social mas também da dimensão ambiental.

4.5 Síntese de fragilidades e estratégias encontradas para o Perímetro Irrigado do Betume

Com base nos resultados obtidos no estudo, foram sugeridas estratégias (Quadro 9) para o melhoramento dos indicadores críticos identificados no estudo. Ressaltar que neste trabalho foram considerados como indicadores críticos os que apresentaram um desempenho abaixo do valor intermediário cinco (5), visto que a pontuação foi na escala de 0-10. As estratégias foram definidas com base nas exigências da legislação brasileira, preocupações apresentadas pelos agricultores do Betume e percepção dos pesquisadores.

Quadro 9: Síntese das estratégias para o melhoramento dos indicadores críticos identificados no estudo

Dimensão	Indicadores críticos	Estratégias
Ambiental	Análise de solo	Campanhas educativas sobre a importância da análise do solo; Intensificação da assistência técnica para apoiar os agricultores nas análises de solo.
	Uso de Equipamento de Proteção Individual e Descarte de embalagens vazias de agrotóxicos	Intensificação da fiscalização ambiental sobre uso e manejo de agrotóxicos; Campanhas educativas sobre o risco associado ao uso indiscriminado de agrotóxicos para o meio ambiente e para a saúde humana. Capacitação técnica dos agricultores para o uso de agrotóxicos.
	Áreas de Reserva Legal	Demarcação e averbação da Área de Reserva Legal; Intensificação da fiscalização ambiental por parte do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA).
Social	Nível educacional	Intensificação da formação de professores e alfabetização dos agricultores.
	Participação em cursos de capacitação	Realização de mais cursos de capacitação e intensificação dos serviços da ATER.
Econômica	Situação perante agente financeiro e Renda obtida no lote	Recuperação da Unidade de Beneficiamento Local; Fortalecimento das associações/ organizações ou cooperativas para viabilizar o processo de comercialização; Apoio a participação dos irrigantes em feiras regionais e nacionais.
	Outras fontes de renda	Apoio na diversificação de atividades que visem o aumento da renda dos agricultores.
	Mão de obra	Maior envolvimento familiar na exploração dos lotes.

5. CONCLUSÃO

O Perímetro Irrigado do Betume é um projeto público de irrigação que garante a manutenção da vida da população que vivia com base na exploração de várzeas inundadas daquela região. A Política Nacional de Irrigação que rege a implantação dos projetos públicos de irrigação também prevê o desenvolvimento local e regional bem como o aumento da produtividade com bases ambientalmente sustentáveis.

Por isso, a seleção de indicadores de sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Betume permitiu uma aproximação com a realidade do funcionamento do local no que diz respeito às dimensões ambiental, social e econômica. Contudo, o resultado de sustentabilidade comprometida do Perímetro Irrigado do Betume demonstrou que a orizicultura pode contribuir para o desenvolvimento socioeconômico da região, se forem adotadas medidas que possam melhorar os indicadores que apresentaram um desempenho baixo, com maior destaque para a dimensão ambiental.

Contudo, os altos níveis de produtividade alcançados no Betume não estão acoplados ao desenvolvimento social e ambiental pois a renda dos agricultores é baixa e o nível de degradação ambiental é elevado, como demonstrado pelo seu baixo índice. A legislação que garante o bem estar do agricultor rural não é obedecida na totalidade, razão pela qual a maioria dos indicadores apresentaram um desempenho abaixo do ideal. A dimensão social e econômica apesar de terem apresentado índices intermediários, os seus indicadores também precisam ser melhorados, para que no futuro se tenha um nível de sustentabilidade ideal para o perímetro.

Por isso, as estratégias propostas para minimizar os indicadores críticos são fundamentais para a melhoria da qualidade de vida dos agricultores, por meio do aumento da renda e do nível de escolaridade, conservação do meio ambiente e manutenção da vegetação natural, com vista a se atingir a sustentabilidade desejável do sistema a médio e longo prazo.

A metodologia MESMIS combinada com o método AHP foi efetiva para a realização do presente estudo, pois, tornou possível a demonstração realidade da sustentabilidade do perímetro no período estudado. Contudo, espera-se que os indicadores selecionados e mensurados neste trabalho sirvam de uma base para futuros trabalhos de avaliação da sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Betume para a adoção de práticas e ações que melhorem a sua sustentabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E.M; NETO, J.A; ROSA,M.F; PALÁCIO, H.A. P; RODRIGUES, J.O. Classificação da sustentabilidade das unidades de produção agrícola no perímetro irrigado araras norte, Ceará. **Revista Scientia Agraria**, v.10, n.2, p.157-164. 2009.

ASTIER, M., MASERA, O.R; LOPEZ RIDAURA, S. **Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales mediante indicadores de sustentabilidade**. México, 1999

ASTIER, M., MASERA, O.R; MIYOSHI, Y.G. **Evaluación de sustentabilidade**. Un enfoque dinâmico y multidimensional. 1ª edição, 2008

AZAPAGIC, A. **Systems approach to corporate sustainability**. A general management framework. Chemical and process engineering, university of surrey, guildford, ukinstitution of chemical engineers vol 81, part b, September 2003.

BELLAMY, J. A.;WALKER, D.H., MCDONALD, G. T and SYME, G. J.A systems approach to the evaluation of natural resource management initiatives. **Journal of Environmental Management**(2001) 63, 407–423.

BJORNLUND, H. & WHEELER, S.A Exploring some of the socio-economic realities of sustainable water management in irrigation: An overview. **Agricultural Water Management** 145 (2014) 1–4

BOURDEL, M.C & FLECK, M.P.A Método de simulação e escolha de fatores na análise dos principais componentes. **Revista saúde pública**, 32 (3): 267 – 72. 1998

BRASIL. **LEI Nº 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965. CÓDIGO FLORESTAL**. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm. Acessado em 21 de Novembro de 2014.

_____**CONSTITUIÇÃO FEDERAL (1988)**.Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Senado, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 15 dez. 2013

_____**LEI Nº 7.802, DE 11 DE JULHO DE 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm. Acessado em 21 de Novembro de 2014.

_____**LEI Nº 8.171, DE 17 DE JANEIRO DE 1991**. Dispõe sobre a política agrícola. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18171.htm. Acessado em 22 de Novembro de 2014.

_____**DECRETO Nº 24.643, DE 10 DE JULHO DE 1934**. Decreta o Código de Águas. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm. Acessado em 15 de Maio de 2015

_____**LEI Nº 9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996.** Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acessado em 25 de Fev. de 2015

_____**Lei n. 9.433, de 8 de Janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: DOU de 9/1/1997. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acessado em 24 de Fevereiro de 2014

_____**DECRETO Nº 4.074, DE 4 DE JANEIRO DE 2002.** Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=515>. Acessado em 21 de Novembro de 2014

_____**Lei nº 11.326, de 24 de Julho de 2006.** Estabelece as diretrizes para a formulação da Política nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Rurais. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11326.htm. Acessado em 24 de Novembro de 2014

_____**Lei Nº 11.445, de 05 de Janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acessado em 25 de Fev. de 2015

_____**Lei nº 12.787 de 11 de Janeiro de 2013.** Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nºs 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei nºs 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2011-2014/2013/Lei/L12787.htm/modules/iaise/?from. Acessado em 24 de Maio de 2014

_____**COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA** (CODEVASF). 2014. Disponível em: http://www.codevasaf.se.gov.br/principal/perímetros-irrigados/elenco_de_projetos/betume. Acessado em 24 de Maio de 2014

BRITTO, F.B. Modelagem de risco ecológico dos agroquímicos utilizados no Baixo São Francisco. Sergipe. 2015. Tese (Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente): UFS. 2015

CABRERA, D., COLOSI, L.; & LOBDELL, C. Systems thinking. **Evaluation and Program Planning** 31 (2008) 299–310.

CARNEIRO NETO, J.A.C; ANDRADE, E.M; ROSA, M.F; MOTA, F.S; LOPES, J.F.B. Índice de sustentabilidade agro-ambiental para o perímetro irrigado Ayres de Souza. **Revista Ciência e agrotecnologia**. Vol.32 no.4 Lavras July/Aug. 2008

CARVALHO, R.M. **Indicadores de sustentabilidade de agricultura irrigada**: Instrumento de planejamento ambiental em regiões semiáridas. 2012

CARVALHO, J.P L.; SILVA, L.M.S. Adaptação da ferramenta MESMIS a um contexto agroextrativista amazônico. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – Vol 8, No. 2, Nov. 2013

CETESB. **Apendice C: Índices de qualidade das águas**. 2013. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>. Acessado em 12 de Março de 2015

CODEVASF. **Diagnóstico ambiental dos perímetros irrigados da CODEVASAF**. 4ª Superintendência regional. 2005

COSTA, H.G. **Introdução ao método de análise hierárquica**: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói: H.G.C., 2002

DOURADO, A., JÚNIOR, E.F., MACHADO, F. O., MOREIRA, M., LIMA, R., SANTOS, R.L. **Perímetros públicos de irrigação**: Propostas para o modelo de transferência da gestão. BRASÍLIA - DF– 2006

ESPINOSA, A.; HARNDEN,R.; WALKER, J. A complexity approach to sustainability – Stafford Beer revisited. **European Journal of Operational Research** 187 (2008) 636–651

FAMA. Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda. Diagnóstico socioeconômico dos perímetros irrigados de Propriá, Cotinguiba-Pindoba e Betume. Sergipe, 4ª Superintendência Regional. 2009 (Mímio)

FELICIO, M.R.S. **Agricultura irrigada, Des(territorialidade) e Desenvolvimento**. Um olhar para as contradições socioambientais das áreas irrigadas públicas do território do sertão do São Francisco/Ba. 2010. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe. 2010

FERRAZ, J.M.G; YOUNG, M.C.P., MARQUES, J.F.; SKORUPA, L.A. **Construção participativa de indicadores de sustentabilidade**. Embrapa. 2004

GREGORY, R.J. **General Systems Theory**: A Framework for Analysis and Social Change.

<http://wsarch.ucr.edu/archive/papers/gregory/gensysTh.html>. Acessado em 28 de Setembro de 2014

ISON, R.L., MAITENY, P.T. and CARR, S. (1997) ‘Systems methodologies for sustainable natural resources research and development’, **Agricultural Systems**, vol.55, pp. 257–272.

JUWANA, I; MUTTIL, N. PERERA, B.J.C. Indicator-based water sustainability assessment - A review. **Science of the Total Environment**. 438 (2012) 357–371

LITTLE, P. E. **Políticas ambientais no Brasil**. Análises, instrumentos e experiências. São Paulo: Petrópoles; Brasília, Df. IIEB. 2003.

LEITE, K.N., VASCONCELOS, R.S., CARVALHO, C.M., RAIMUNDO NONATO TÁVORA COSTA, R.N.T., NETO, L.F.C., MONTEIRO, R.N.F. Análise dos indicadores de sustentabilidade dos perímetros irrigados do Baixo Acaraú e Curu, localizados no estado do Ceará. *Agrarian*, v.2, n.6, p.83-91, out./dez. 2009. ISSN 1984-252X

LOPES, F.B.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D.N; LOPES, J.F. Proposta de um índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 185-193, abr-jun, 2009

LÓPEZ, R.S., MASERA, O. ASTIER, M. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework. **Ecological Indicators** v2 135–148. 2002

MARINS, S.M.; SOUZA, D.O; RAMOS, R.R.; GUEDES, D.; SANTOS, R.F. **Uma abordagem multicriterial para a classificação e seleção de fornecedores**. In III Congresso brasileiro de engenharia de produção Ponta Grossa, PR, Brasil, 04 a 06 de Dezembro de 2013

MARQUEZ, J.F.; SKORUPA, L.A. SKORUPA, L.A . FERRAZ, J.M.G. **Indicadores de sustentabilidade em Agroecossistemas**. Embrapa. 2003

MARTIN, O. CONNOR. The “Four Spheres” framework for sustainability. **Ecological Complexity**. Volume 3, Issue 4, December 2006, Pages 285-292

MATOS FILHO, A. M. **Agricultura orgânica sob a perspectiva da sustentabilidade**: uma análise da Região de Florianópolis - SC, Brasil. 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MELLO, A.S.S.A. As Forças Condicionantes da Sustentabilidade Agrícola: utilizando um modelo para uma análise exploratória no Vale do Submédio São Francisco. **Sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural**. Recife- PE- Brasil, 2008

MIN- MINISTÉRIO DE INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Organização, descrição, análise e interpretação de dados sobre agricultura irrigada no Brasil**. Brasília. 2011

MIN- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL- **Fórum agricultura irrigada**. Disponível em <http://forumirrigacao.blogspot.com.br/2013/05/retrato-da-irrigacao-no-brasil.html> >. Acessado em: 31 de Outubro de 2014

MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. 4. ed., rev, atualizada e ampliada. São Paulo: Revista dos Tribunais. 2007

NARDO M, SAISANA M, SALTELLI A, TARANTOLA S, HOFFMAN A, GIOVANNINI E. **Handbook on constructing composite indicators**: methodology and user guide (Vol. 2005). Ispra, Italy: OECD Statistics Working Paper; 2005.

OLIVEIRA, R.D., Os Caminhos do ambientalismo no Brasil e na Argentina. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade**. UNICAMP V.2, n. 1., 2011

OECD: ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Handbook on Constructing Composite Indicators**. METHODOLOGY AND USER GUIDE. 2008

ORTEGA, A. C., SOBEL, T. F., Desenvolvimento territorial e perímetros irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos perímetros irrigados bebedouro e nilo coelho em petrolina (pe). **Revista Planejamento e Políticas Públicas** | ppp | n. 35 jul./dez. 2010

PAES, J. E. S. **Fundações, associações e entidades de interesse social: aspectos jurídicos, administrativos, contábeis, trabalhistas e tributários**. 6. ed. Brasília: Brasília Jurídica, 2006.

PEREIRA, V. S., MARTINS, S. R. Indicadores de sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá (SC) mediante aplicação da metodologia MESMIS. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** - Número 15. ISSN. 2010

PÉREZ, M.F.M.; CAÑAS, J.R.. Assessment of irrigation water management in the Genil-Cabra (Córdoba, Spain) irrigation district using irrigation indicators. **Agricultural Water Management** 120 (2013) 98– 106

PRIETO, E. A. **Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua)**. Tecnología Agroambiental para una Agricultura Sostenible. 2011

RABELO, R.R.; SANTOS, A. L.C.; SILVA, B.C.; FREIRE, J.B. **A cadeia produtiva orizícola do Baixo São Francisco**: Antecedentes, Situação actual, perspectivas e alguns componentes. Embrapa, 2013

SAATY, T.L. How to make a decision: The Analytic Hierchy Process. **European Journal of operational Research** 48 (1990) 9-26

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2004.

SERGIPE, 1989. **LEI Nº 7.802, DE 11 DE JULHO DE 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm. Acessado em 16 de Junho de 2015

SILVA, T.E.M., & LOPES, S.A. **Estudo Diagnóstico das condições Socioambientais dos Perímetros Irrigados Própria, Cotinguiba-Pindoba e Betume no Baixo São Francisco**. Universidade Federal de Sergipe. Mestrado em Sociologia. Anais do Seminário de Pesquisa FAP-SE 2003.

SILVA, C. E., JUNIOR, R.L.A., MELO, C.M., MADI, R.R. Modelagem de indicadores para avaliar a sustentabilidade da pesca artesanal do entorno da Floresta Nacional do Ibura, nordeste do Brasil. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, aquidabã, v.4, n.1, dez 2012, jan, fev, mar, abr, mai 2013. ISSN 2179-6858

SCOTOO, G., CARVALHO, I.C.M., GUIMARÃES, L., **Desenvolvimento Sustentável**, Editora vozes, Petrópolis. RJ. 2007

SOARES, M.J.N., SOUZA, R. M. **Sustentabilidade, Cidadania e Estratégias ambientais**. Experiência sergipana. UFS. 2008

SOARES, W. L. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura**. Tese (Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro, 2010

SOUZA, M. O. A utilização de metodologias de diagnóstico e planejamento participativo em assentamentos rurais: o diagnóstico rural/rápido participativo (drp). **Revista Em Extensão**. Uberlândia, v. 8, n. 1, p. 34 - 47. 2009

VAN BELLEN, H.M. **Indicadores de sustentabilidade**: Uma análise comparativa. FGV Editora. 256p. 2005

WOODHOUSE, P.; HOWLETT, D.; RIGBY, D. **A framework for research on sustainability indicators for agriculture and rural livelihoods**. Manchester: IDPM, University of Manchester, 2000. 39 p.

ZAMBERLAN, C.O.; SONAGLIO, C.M. A produção orizícola brasileira a partir da década de 1990: evolução e perspectivas econômicas. **Qualit@s** revista eletrônica Issn 1677 4280 vol.1. N°1 (2011)

APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE A - CÁLCULO DOS ÍNDICES DAS TRÊS DIMENSÕES

DIMENSÃO AMBIENTAL

Indicador	%	Valor	Indicador (Nota)	Peso	IS = I*P
Qualidade da água	-	47,5	6	0,34	2,02
Análise do solo	16,15	0,1615	1,615	0,17	0,27
Uso de equipamento de proteção individual	38,67	0,3867	3,867	0,04	0,17
Realização da trílice lavagem	60,91	0,6091	6,091	0,03	0,17
Descarte de embalagens vazias	9,77	0,0977	0,977	0,05	0,05
Área de reserva legal	0	0	0	0,15	0,00
Área de Preservação Permanente	50	0,5	5	0,23	1,13
Índice de Sustentabilidade Ambiental					3,81

Nota: % é a Porcentagem de agricultores que satisfazem a condição ideal de sustentabilidade de cada indicador.

DIMENSÃO SOCIAL

Indicador	%	Valor	Indicador (Nota)	Peso	IS = I*P
Nível de escolaridade	24,82	0,2482	2,48	0,34	0,84
Habitação	89,35	0,8935	8,94	0,30	2,68
Abastecimento de água	76,01	0,7601	7,60	0,14	1,08
Destino de dejetos	95,4	0,954	9,54	0,08	0,79
Participação em organizações	52,12	0,5212	5,21	0,07	0,37
Participação em cursos de capacitação	11,51	0,1151	1,15	0,07	0,08
Índice de Sustentabilidade Social					5,83

Nota: % é a Porcentagem de agricultores que satisfazem a condição ideal de sustentabilidade de cada indicador.

DIMENSÃO ECONÔMICA

Indicador	%	Valor	Indicador (Nota)	Peso	IS = I*P
Produtividade	100	1	10	0,30	3,03
Mão de obra	42,34	0,4234	4,234	0,22	0,92
Comercialização	56,91	0,5691	5,691	0,13	0,73
Situação perante agente financeiro	29,46	0,2946	2,946	0,05	0,16
Renda do lote	38,52	0,3852	3,852	0,15	0,57
Renda de outras atividades	20,82	0,2082	2,082	0,06	0,13
Renda total	64,87	0,6487	6,487	0,08	0,54
Índice de Sustentabilidade Econômica					6,09

Nota: % é a Porcentagem de agricultores que satisfazem a condição ideal de sustentabilidade de cada indicador.

APÊNDICE B- MATRIZES DE COMPARAÇÃO DOS INDICADORES (AHP)

DIMENSÃO AMBIENTAL

Indicador		Qa	AS	Ep	TI	De	AI	APP
Qualidade da água (Qa)	Qa	1,00	6,00	7,33	7,33	5,00	2,00	2,00
Análise do solo (AS)	As	0,14	1,00	5,66	5,33	3,00	2,00	1,66
Equipamento de proteção idividual (Ep)	Ep	0,14	0,18	1,00	1,66	2,00	0,14	0,16
Realização de triplíce lavagem (TI)	TI	0,14	0,19	0,60	1,00	0,25	0,16	0,20
Descarte de embalagens vazias de agrotóxicos (De)	De	0,20	0,33	0,50	4,00	1,00	0,25	0,20
Área de Reserva Legal (AI)	AI	0,50	0,50	7,14	6,25	4,00	1,00	0,18
Área de Preservação Permanente (APP)	APP	0,50	0,60	6,25	5,00	5,00	5,56	1,00

$\lambda_{\max} = 8,05$ IC= 0,17 IR= 1,32 RC= 0,13

DIMENSÃO SOCIAL

Indicador		Ne	H	Aa	Dd	Po	Pc
Nível educacional (Ne)	Ne	1,00	3,00	4,33	4,33	3,00	2,00
Habitação (H)	H	0,33	1,00	5,00	5,33	5,00	4,66
Abastecimento de água (Aa)	Aa	0,23	0,20	1,00	2,66	3,33	3,33
Destino de dejetos (Dd)	Dd	0,23	0,19	0,38	1,00	1,00	3,00
Participação em organizações (Po)	Po	0,33	0,20	0,30	1,00	1,00	1,33
Participação em cursos de capacitação (Pc)	Pc	0,50	0,21	0,33	0,33	0,75	1,00

$\lambda_{\max} = 6,86$ IC= 0,17 IR= 1,24 RC= 0,13

DIMENSÃO ECONÔMICA

Indicador		Pr	Mo	Cm	Sa	RI	Ro	Rt
Produtividade (Pr)	Pr	1,00	5,00	3,00	5,00	2,33	2,00	3,33
Mão de obra (Mo)	Mo	0,20	1,00	5,00	4,33	2,33	2,00	4,00
Comercialização (Cm)	Cm	0,33	0,20	1,00	3,66	2,00	1,66	2,33
Situação perante agente financeiro (Sa)	Sa	0,20	0,23	0,27	1,00	0,16	1,00	2,00
Renda do lote (RI)	RI	0,43	0,43	0,50	6,25	1,00	3,66	2,33
Renda de outras atividades (Ro)	Ro	0,50	0,50	0,60	1,00	0,27	1,00	0,25
Renda total (Rt)	Rt	0,30	0,30	0,43	0,50	0,43	4,00	1,00

$\lambda_{\max} = 8,2$ IC= 0,2 IR= 1,32 RC= 0,15

ANEXO A – INFORMAÇÕES ADICIONAIS QUE NÃO CONSTAM NO DIAGNÓSTICO

1. **Ano da realização do diagnóstico:** Primeiro semestre de 2009.
2. **Dados referentes às últimas 5 safras (2009-2014) do Perímetro**

irrigado de Betume

Variáveis	Safra 2009/2010	Safra 2010/2011	Safra 2011/2012	Safra 2012/2013	Safra 2013/2014
Consumo de água por ha	10m ³ /mês	10m ³ /mês	10m ³ /mês	10m ³ /mês	10m ³ /mês
Produtividade média por ha	5,13	5,73	7,74	9,40	8,45
Perdas de produção por ha (%)	0%	0%	0%	0%	0%
Área plantada (ha)	1.568,90	1.416,80	1.624,72	1.784,30	2.086,90
Área colhida (ha)	1.568,90	1.416,80	1.624,72	1.784,30	2.086,90

3. Descrição do sistema produtivo de arroz no Betume

- Procedência das sementes: A maior parte das sementes são procedentes de Santa Catarina (99%) e Rio Grande de Sul (1%).

- Processo de Inundação e preparo do solo: O preparo do solo é realizado por grade rotativa com o solo inundado, duas vezes num intervalo de 15-20 dias, depois passa-se um pranchão de madeira para nivelar o solo.

- Tipo de adubação, fonte e quantidade por ha: Adubação química em torno de 200 kg/ha da fórmula 10-30-15 em fundação, e depois se realizam 2-3 coberturas com 100-120 kg/ha de N e um complemento de KCL, conforme o resultado da análise de solos.

- Semeadura e manejo cultural: A semeadura é realizada com sementes pré- geminada (coloca-se a semente dentro d'água por 24 horas e mais 24 horas em baixo de um plástico, após este período ela começar o processo de germinação), é jogado a lanço na lama.

- Controle de pragas e doenças. As principais pragas do arroz são: bicheira da raiz, lesma, lagartas, percevejos, etc. Já as doenças, são: escaldaduras, manchas pardas estreitas e a brusone. Tanto as pragas, quanto as doenças são controladas por agrotóxicos.

- Manejo da entressafra: Geralmente coloca-se o gado para aproveitar o resto da palhada.

- Manejo da irrigação: A irrigação do arroz é iniciada uns 3-8 dias após a semeadura e o clima, conforme o desenvolvimento da planta. Vai se retirar a água para controlar as ervas daninha, em seguida volta com a água e vai completando, mantendo uma lâmina de água em torno de 10-15 cm até 15 dias antes da colheita, para facilitar a mesma.

- Forma de Colheita: Toda colheita é mecanizada.